

1854.

ANNALEN

No. 7.

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XCII.

I. *Ueber die Wirkung nichtleitender Körper bei der elektrischen Influenz; von Peter Riefs.*

Die elektrische Influenz, jene wunderbare Eigenschaft eines elektrisirten Körpers, jeden ihm genäherten Körper aus der Ferne mit beiden Elektricitäten zu versehen, hat den Gegenstand zu einer Menge von Untersuchungen geliefert, die vollkommen überflüssig gewesen wären, wenn man die bereits gewonnene klare Einsicht in jene Erscheinung streng festgehalten hätte. Die aus Franklin's Theorie gezogene Folgerung, die von Aepinus, Coulomb und Poisson ohne Weiteres angenommen wurde, läßt jenen, mit beiden Elektricitäten versehenen, Körper nicht anders wirken, als er wirken würde, wenn es möglich wäre, die Influenz aufzuheben, und den influencirten Körper mittels einer geriebenen Siegellack- und Glasstange, in der früheren Weise direct zu elektrisiren. Mit dieser Ansicht wird ein jeder Versuch, in welchem man den influencirenden und influencirten Körper auf einen dritten Körper wirken läßt, zu einem speciellen Falle von so großer Verwickelung, daß es völlig unnütz erscheinen würde, sich mit seiner Untersuchung zu beschäftigen. Man bedenke, daß die Bestimmung der elektrischen Anordnung auf einem Körper, der die einfache Influenz eines elektrisirten Körpers erfährt, ein ungelöstes und schwerlich allgemein zu lösendes Problem ist, um die Fruchtlosigkeit des Unternehmens einzusehen, die Influenz von drei verschiedenen Elektricitätsportionen, deren Anordnung unbekannt ist, auf einen Körper durch allgemein gültige Regeln festzustellen. Aber dadurch, daß die richtige Ansicht von der Influenz ver-

lassen wurde, ist die Untersuchung bestimmter Fälle der bezeichneten Art nöthig geworden, die allein darauf beschränkt bleiben muß, den beobachteten Erfolg der Versuche mit jener Ansicht in Einklang zu bringen. So habe ich vor langer Zeit den einfachsten Fall betrachtet, in welchem ein influencirter Körper von einem neutralen momentan berührt wird, und es ist mir und Andern zum Theil gelungen, den Grundirrthum zu beseitigen, nach welchem die in dem berührten Körper zurückgebliebene Elektricität gefesselt, wirkungslos oder nur nach einer bestimmten Richtung und bis zu einer bestimmten Entfernung hin wirkend seyn sollte. Ich sage, nur zum Theil gelungen, denn wenn auch jener Grundirrthum nicht mehr nackt und klar ausgesprochen wird, so zeigen doch vielfache Beispiele, daß er noch versteckt gehegt wird und seinen verderblichen Einfluß äußert. Die ganze hier folgende Untersuchung würde sich auf wenige Erörterungen beschränken können, wenn es nicht darauf ankäme, Versuche den Versuchen entgegenzustellen, die, eben in Folge jenes Irrthums, eine falsche Deutung erhalten haben. Es sey mir eine beiläufige Bemerkung gestattet. Man hat getadelt, daß ich bei der Polemik gegen die Unwirksamkeit der Influenzelektricität, mich gegen ihre übliche Bezeichnung als gebundene, latente Elektricität ausgesprochen habe, und mein Vorschlag, diese Bezeichnung aufzugeben, hat bisher keinen Eingang gefunden. Ich glaube, mit Unrecht. Es handelt sich hier nicht darum, daß ein Wort in anderer Bedeutung gebraucht wird, als es in der Sprache hat, sondern darum, daß dieß Wort in der Physik bereits mit anderer Bedeutung einheimisch ist. Eine Portion Wärme ist gebunden oder latent, sagt, daß diese Portion keine Einwirkung auf das Thermometer äußert, während eine gebundene oder latente Menge Elektricität ihre volle Wirkung auf ein Elektrometer hat. Man kann freilich verlangen, mit einer unpassenden Bezeichnung einen richtigen Sinn zu verbinden, aber die Anforderung scheint mir zu groß, um das Verständniß zu fördern, daß der Leser den Ausdruck: von einer Elektri-

citätsmenge ist ein Theil gebunden, übersetzen soll in den: es ist neben der Wirkung dieser Elektricitätsmenge noch die einer kleineren Menge ungleichnamiger Elektricität in Betracht zu ziehen. Ich komme zu dem Gegenstande dieser Abhandlung.

Faraday hat in der 11ten, 12ten und 13ten Reihe seiner unsterblichen Experimentaluntersuchungen über die Elektricität sich mit der Influenz beschäftigt, und die Ansicht durchzuführen gesucht, dafs die Influenz nicht durch eine Wirkung der Elektricität in die Ferne, sondern dadurch zu Stande kommt, dafs ein elektrischer Körper nur auf die ihm zunächst liegenden Theile eines isolirenden Mediums wirkt, und diese Wirkung sich von Theilchen zu Theilchen fortpflanzt. Die Influenz sollte wesentlich abhängen von der Natur des isolirenden Mediums, das deshalb als ein *diëlektrisches* bezeichnet wird, welches den influencirenden von dem influencirten Leiter trennt. Ich habe vor langer Zeit gezeigt ¹⁾, dafs diese Theorie unhaltbar ist, weil sie auf der, wie sich experimentell nachweisen läfst, unrichtigen Annahme fufst, dafs von den drei Elektricitätsmengen, die bei der Wirkung eines elektrisirten Körpers auf einen neutralen vorhanden sind, zwei Mengen vollkommen miteinander beschäftigt sind, und nicht weiter wirken; ich habe angedeutet, dafs die Versuche, welche der Theorie zur Stütze dienen sollen, sich durch die gleichzeitige Wirkung aller drei Elektricitätsmengen erklären lassen. Eine solche Andeutung schien mir genügend, da diese Versuche eben zu den verwickelten Fällen gehören, von welchen ich am Eingange gesprochen habe. Es herrscht indessen noch immer Unklarheit über die Bedeutung eines Theiles jener Versuche, die dadurch besonders wichtig sind, dafs sie einen wesentlichen Unterschied zwischen der Wirkung leitender und nichtleitender Körper bei der Influenz darzulegen scheinen, und es dürfte deshalb die Mühe, jene Unklarheit auf experimentellem Wege zu entfernen, nicht überflüssig seyn.

1) Repertorium d. Physik 1842 S. 129.

Um das verschiedene, von ihm so genannte, spezifische Vertheilungsvermögen der Isolatoren zu bestimmen, hat Faraday ein Instrument angegeben, das Differential-Inductometer genannt wird (*exper. research.* 1307) und aus drei, oder einfacher aus zwei parallelen, mit ihren Flächen in geringer Entfernung einander gegenüberstehenden, isolirten Metallscheiben besteht. Die eine Scheibe wurde direct elektrisirt und der elektrische Zustand der andern, von jener durch Influenz elektrisirten, Scheibe untersucht. Als zwischen beide Scheiben, ohne sie zu berühren, eine nichtleitende Platte (Schellack- oder Schwefelplatte) gestellt war, fand sich die Elektrisirung der influencirten Scheibe stärker als früher, wo sie nur durch eine Luftschicht von der elektrisirten Scheibe getrennt war. Durch Zwischenstellung einer leitenden Platte würde die Elektrisirung der influencirten Scheibe geschwächt werden müssen; wie aus anderen Versuchen Faraday's (*exper. research.* 1218) mit Nothwendigkeit folgt. Nach Faraday's Meinung mußte nämlich die Einführung der leitenden Platte bewirken, daß die Influenz, statt in geraden Linien durch die Luftschicht zwischen den Scheiben, in gekrümmten Linien um den Rand der Platte erfolgte.

Die Versuche mit isolirenden Zwischenplatten sind mit verschiedenem Erfolge wiederholt worden. Knochenhauer ¹⁾ fand bei Zwischenstellung einer Schellackplatte zwischen zwei Scheiben, übereinstimmend mit Faraday, auf der influencirten Scheibe eine Vermehrung der Influenzelektricität, konnte indess über den Grund dieses Erfolgs nicht ins Klare kommen. Müller ²⁾ hielt diesen Erfolg für unverträglich mit der Ursache der Erscheinung, fand bei mehrfacher Wiederholung des Versuchs eine Verminderung der Influenzelektricität, und schrieb die Angabe seiner beiden Vorgänger einem Irrthume bei der Prüfung der Art der erregten Elektricität zu.

Der angeführte Influenzversuch verlangt, um sichere

1) Poggendorff's Annalen Bd. 51, S. 126.

2) Bericht über d. neuesten Fortschritte d. Phys., Braunsch. 1849, S. 61.

und unzweideutige Resultate zu geben, einige Vorsicht bei der Aufstellung des Apparats, die ich deshalb ausführlich angebe. Zwei, an Glasstielen isolirte, Metallscheiben wurden mit einander zugewandten Flächen auf einem Tische vertical aufgestellt, so daß die Scheiben der Tischkante parallel standen, an welcher der Beobachter saß. Die hintere Scheibe war durch einen 18 Zoll langen Draht mit dem Zuleiter eines Goldblattelektroskops, bei feineren Versuchen eines Säulenelektroskops, verbunden, und die vordere Scheibe wurde mit positiver Elektricität versehen. Das Elektroskop gab positive Elektricität an, die durch ableitende Berührung des Elektroskops entfernt wurde. Wurde nun im Laufe des Versuchs, die Menge der Influenzelektricität auf der mit dem Elektroskope verbundenen Scheibe vermehrt, also die Influenz der direct elektrisirten Scheibe scheinbar *verstärkt*, so gab das Elektroskop wiederum *positive* Elektricität an; hingegen *negative* Elektricität, wenn jene Influenz scheinbar *geschwächt* wurde. Um jede Unsicherheit von dem erhaltenen Resultate zu entfernen, wurde das Elektroskop nach der Veränderung der Influenzelektricität ableitend berührt, und die Anzeige des Elektroskops beobachtet, nachdem die Ursache der Aenderung entfernt war; hier bewies die Anzeige von positiver Elektricität, daß die Influenzelektricität bei dem Hauptversuche vermindert, die von negativer, daß sie vermehrt worden war. Einen solchen Controlversuch habe ich nach jedem Versuche angestellt, so daß kein Zweifel an den Angaben gehegt werden kann. Es wurden zuerst zwei Metallscheiben von 81,6 Linien Durchmesser und $4\frac{1}{4}$ Linie Dicke gebraucht, die 13 Linien von einander entfernt standen. Eine Schellackscheibe, nahe 7 Zoll im Durchmesser, $3\frac{5}{8}$ Linie dick, die durch Pressen zwischen Glasplatten eine spiegelnde Oberfläche erhalten hatte, war an einem, mit Schellack überzogenen, 5 Zoll langen Glasstiele in einer Klemme befestigt, die um ein Gelenk drehbar, die Schellackscheibe an eine beliebige Stelle des Raumes zwischen beiden Metallscheiben bringen konnte. Als die Schellackscheibe durch

eine Spiritusflamme sorgsam von jeder Elektricität befreit, in die Mitte zwischen den Metallscheiben und mit ihnen concentrisch gebracht war, fand sich die Influenzelektricität der mit dem Elektroskope verbundenen Metallscheibe bedeutend *vermehrt*, wie sich an dem Goldblatt- oder an dem Säulen-Elektroskope erkennen liefs. Als hingegen die Schellackscheibe nur ein kleines Stück des Zwischenraums einnahm (ein spindelförmiges Stück von etwa $\frac{1}{4}$ Zoll Breite) und der grösste Theil der Schellackscheibe ausserhalb des Zwischenraums blieb, wurde die Influenzelektricität der Metallscheibe, wenn auch nur wenig, doch ganz entschieden *vermindert*. Ich führe das Letztere hauptsächlich deshalb an, weil man, die eingeschaltete Scheibe mag beschaffen und gestaltet seyn wie sie wolle, stets in dem Augenblicke, wo dieselbe zwischen die Metallscheiben tritt, eine Verminderung der Influenzelektricität an der Bewegung des Elektroskops bemerkt, auf die ich bei den folgenden Versuchen keine Rücksicht nehmen will. Sonst würde schon dieser Versuch die Annahme bündig widerlegen, nach welcher die Influenz der direct elektrisirten Metallscheibe stärker durch Schellack hindurch, als durch Luft wirkt, da durchaus kein Grund vorhanden ist, weshalb ein kleines Stück Schellack eine Wirkung schwächen sollte, die ein grösseres Stück verstärkt. Die zum Schlufs angeführten Versuche werden die Erklärung dieser auffallenden Erscheinung liefern.

Um mit kleineren Zwischenplatten operiren zu können, ersetzte ich die grossen Metallscheiben durch andere von 52 Linien Durchmesser, und entfernte diese 18 Linien von einander. Hier aber konnte die Veränderung der Lage der Klemme beim Vor- und Zurückschlagen einen wesentlichen Einflufs auf die Resultate des Versuchs gewinnen. Es wurde deshalb die Klemme verworfen, und über den Metallscheiben ein 3 Zoll langer durchbohrter Metallcylinder horizontal befestigt, in dessen Axe ein Metallstab sanft drehbar ist, der an dem einen Ende eine runde Schraubenmutter zur Feststellung, an dem anderen eine $1\frac{1}{2}$ Zoll lange

Klemme trägt. Diese Klemme hat, wie beiläufig bemerkt wird, die bequeme Einrichtung, daß die eine Waage derselben unbeweglich ist, und die andere auf einem Prisma durch eine Schraube bewegt wird, so daß in jeder Lage beide Waagen einander parallel stehen. War in dieser Klemme der Stiel einer Platte befestigt, so reichte eine Drehung der Axe des Cylinders um 90° hin, die Platte zwischen die Metallscheiben zu bringen, und sie von ihnen hinlänglich zu entfernen, ohne daß die Stellung des Apparats gegen die Scheiben verändert wurde, wenn man die Stellung der Schraube an der Klemme ausnimmt, deren Einfluß, wo er vorhanden war, berücksichtigt wurde. Diese Aufstellung des Apparats gestattete dem Beobachter, Arm und Hand während des Versuchs unverrückt zu halten, da ein leichter Druck eines Fingers hinreichte, die Zwischenplatte in die beiden geforderten Lagen zu bringen. Die Unbeweglichkeit des Beobachters ist bei einigen der später folgenden Versuchen nöthig, bei welchen geringen Bewegungen des Goldblattes am Elektroskope Gewicht beigelegt wird. Bei den zunächst folgenden Versuchen ist die Anzeige des Elektroskops so stark, daß jene Vorsicht nicht verlangt wird. Die folgende Tafel giebt die Aenderung der Influenzelektricität auf der neutralen Metallscheibe an, die durch Zwischenstellung der bezeichneten Platten bewirkt, und aus der zwiefachen Anzeige des Elektroskops geschlossen wurde. Die Zwischenplatten waren an Glas- oder Schellackstielen von 4 bis 6 Zoll Länge befestigt, und vor dem Versuche vollkommen unelektrisch.

Metallscheiben 52 Linien Durchmesser. Entfernung 18 Linien.

Influenzelek-
tricität d.

neutr. Scheibe.

Zwischenplatten.

A. Schellack (Scheibe $48\frac{1}{2}$ — $48\frac{1}{4}$ Lin.

Durchmess. $1\frac{1}{4}$ Lin. dick) vermehrt

a. " (Scheibe 15 L. Durchm., 3 L. dick) vermehrt

B. Paraffin') (Scheibe 54 " " $5\frac{19}{32}$ " ") vermehrt

1) Aus den im Handel vorkommenden Kuchen der Augustenhütte bei Bonn.

	Zwischenplatten.	Influenzelek- tricität d. neutr. Scheibe.
b.	(Scheibe $29\frac{1}{2}$ L. Durchm. $3\frac{1}{2}$ L. dick)	vermehrt
β.	(Scheibe $27\frac{1}{2}$ " " $1\frac{1}{2}$ ")	vermehrt
C. Guttapercha	(Scheibe 59 " " $1\frac{1}{4}$ ")	vermehrt
c.	(Scheibe $25\frac{1}{2}$ " " $1\frac{1}{4}$ ")	vermehrt
Glimmer	(Rechteck 6×4 Zoll, 0,05 Lin. dick)	vermindert
D. Glas	(Scheibe $25\frac{3}{4}$ L. Durchm., $1\frac{23}{24}$ L. dick)	vermehrt
d.	(Quadrat 48 L. Seite, 2 L. dick)	vermehrt
δ.	(Rechteck $9\frac{1}{2} \times 10\frac{11}{12}$ Zoll, $\frac{2}{3}$ L. dick)	vermindert

Die Mehrzahl dieser Versuche bestätigt also die Angabe Faraday's, daß durch Zwischenstellung einer isolirenden Platte zwischen eine elektrisirte und eine neutrale Metallscheibe, auf letzterer eine Vermehrung der Influenzelektricität bewirkt wird. Daß diese Vermehrung aber nicht eine wesentliche Eigenschaft der Isolatoren ist, zeigen schon die beiden Versuche mit der Glimmertafel und der Glas-tafel δ , die eine Verminderung der Influenzelektricität hervorbrachten, obgleich sie an Isolationsvermögen der Gutta-percha keinesweges nachstanden. Daß ferner diese Vermehrung nicht ausschließlich von isolirenden Stoffen her-vorgebracht werde, lehren die folgenden Versuche, in wel-chen dieselbe Erscheinung bei Anwendung von vollkommen leitenden, an isolirenden Stielen gehaltenen, Zwischenplatten eintrat.

Zwischenscheiben.	Durchmesser.	Dicke.	Influenzelektricität der neutralen Scheibe.
Stanniol	$18\frac{1}{8}$ Lin.	0,03 Lin.	vermehrt
Messing	$7\frac{19}{24}$	$2\frac{11}{12}$	vermehrt
Silber	$18\frac{1}{8}$	$1\frac{5}{12}$	vermehrt
Kupfer	47	$\frac{3}{8}$	vermindert.

Bei den Metallen sind es, wie sogleich klar ist, allein die Dimensionen, welche die Verschiedenheit der Wirkung zweier Platten bestimmen, und es wird hier kein beobachteter Erfolg befremden können. Wenn die beiden Scheiben allein stehen, so wird die neutrale Scheibe von

einer, 18 Linien von ihr entfernten Schicht positiver Elek-
tricität erregt. Durch die Zwischenstellung einer leitenden
Platte kommen in geringerer Entfernung zwei elektrische
Schichten hinzu, von welchen die positiv elektrische Schicht
der erregten Scheibe näher steht, als die negative. Beide
Schichten enthalten eine gleiche Elektrizitätsmenge, aber die
Anordnung dieser Mengen in den Schichten hängt, außer
von den Dimensionen und der Entfernung der beiden
Scheiben, von der Form und den Dimensionen der Zwi-
schenplatte ab. Durch Veränderung der Dimensionen der
Zwischenplatte wird ihre Wirkung auf die influencirte
Scheibe in zwiefacher Weise geändert; die beiden auf ihr
befindlichen elektrischen Schichten erhalten eine andere
Elektrizitätsmenge und Anordnung, und die Entfernung
ändert sich, von welcher diese Schichten auf die influen-
cirte Scheibe wirken. Man kann solche zwei Schichten
angeben, deren Totalwirkung auf die influencirte Scheibe
unmerklich, oder der Wirkung der ursprünglich elektri-
sirten Scheibe gleichartig, oder endlich dieser Wirkung
ungleichartig ist. Die Frage, in welchem Sinne eine leitende
Zwischenplatte die Influenzelektricität auf einer Scheibe
ändern werde, die von einer elektrisirten Scheibe influen-
cirt wird, ist daher völlig unbestimmt. Bestimmt wird die
Frage, wenn die leitende Platte nicht isolirt ist. Alsdann
kommt zu der Wirkung der ursprünglich elektrisirten
Scheibe die einer ungleichnamig elektrisirten Schicht hinzu,
die nothwendig jener Wirkung entgegenwirkt. Wollte
man aber unter dieser Bedingung die Wirkung leitender
und isolirender Zwischenplatten mit einander vergleichen,
so würde man einen experimentellen Fehler begehen, der
nicht geringer, aber weniger zu entschuldigen wäre, als der
Fehler jener frühesten Elektriker, welche Leiter und Iso-
latoren nach ihrem Vermögen, durch Reibung elektrisch
zu werden, mit einander verglichen, ohne die Leiter zu
isoliren. — Es wurde nun dem Influenzversuche seine ein-
fachste Form gegeben, und die Wirkung nichtleitender
Zwischenplatten auf denselben geprüft. Zwei Metallkugeln

von 10 $\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser wurden, auf dünnen Glasstäben befestigt, so aufgestellt, daß ihre Centrallinie horizontal lag und die Entfernung ihrer nächsten Punkte etwas über 7 Linien betrug. Die eine Kugel wurde elektrisirt, die andere durch einen 18 Zoll langen Draht mit dem Zuleiter eines Säulenelektroskops verbunden, und die Beobachtung in der früher beschriebenen Weise ausgeführt. Jede Zwischenplatte wurde sorgfältig in den Raum zwischen den Kugeln gebracht, so daß die Centrallinie der Kugeln durch den Mittelpunkt der Platte ging und auf ihr normal stand.

Zwischenplatte.		Influenzelekt. d. neutralen Kugel.
Schellack	A	vermindert
"	a	vermehrt
Paraffin	b	vermehrt
"	β	vermehrt ¹⁾
Guttapercha	C	vermindert
"	c	vermehrt
Glas	D	vermehrt
"	d	vermindert.

Man sieht, daß Zwischenplatten desselben nichtleitenden Stoffes, aber von verschiedenen Dimensionen, die Influenzelektricität der neutralen Kugel theils vermindert, theils vermehrt haben, und ferner, wenn die früheren Versuche hinzugezogen werden, daß eine und dieselbe isolirende Zwischenplatte die Influenzelektricität vermehrt hat, als Scheiben, und vermindert, als Kugeln zu dem Versuche gebraucht wurden. Es folgt hieraus der wichtige Satz:

Der Erfolg der Wirkung nichtleitender Zwischenplatten auf den Influenzversuch hängt ab von Form und Dimensionen, sowohl dieser Platten, als der zu dem Versuche gebrauchten Leiter. — Dieser Satz widerlegt auf die einfachste Art die Annahme, daß die Zwischenplatten die Influenz

1) Eine Paraffinscheibe von ähnlichen Dimensionen, wie β , gab eine entschiedene Verminderung der Influenzelektricität; ich habe die Scheibe nicht mit aufgeführt, weil sie in der Mitte merklich dünner, als am Rande war.

des ursprünglich elektrisirten Leiters direct verändern. Auf welche Weise die Wirkung der isolirenden Zwischenplatten zu Stande kommt, ist nicht direct auszumachen, weil der elektrische Zustand dieser Platten sich der Untersuchung entzieht, und es muß die analoge Wirkung der leitenden Zwischenplatten hinzugezogen werden, bei welchen diese Untersuchung ausgeführt werden kann. Es wurden die folgenden Scheiben an isolirenden Stielen zwischen die Kugeln gebracht.

Zwischenscheibe.	Durchmesser.	Dicke.	Influenzelekt. d. neutralen Kugel.
Messing	$7\frac{19}{24}$ Lin.	$2\frac{1}{2}$ Lin.	vermehrt
"	"	$\frac{5}{12}$	vermindert
Silber	$18\frac{1}{8}$	$1\frac{5}{12}$	vermehrt
Stanniol	"	0,03	vermindert
Kupfer	47	$\frac{3}{8}$	vermindert.

Hier wirkten unzweifelhaft die beiden, durch Influenz auf den Zwischenscheiben hervorgerufenen, Elektricitäten. Um die Anordnung dieser Elektricitäten im Allgemeinen kennen zu lernen, wurden die Scheiben einzeln der positiv elektrisirten Kugel normal gegenübergestellt (daß die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Kugel und Scheibe auf letzterer normal stand), und jede Scheibe von der Oberfläche der Kugel etwa 3 Linien entfernt. Verschiedene Stellen der Scheibe wurden mit einem, durch Schellack isolirten, Stecknadelknopfe berührt, der sodann an einem Elektroskope geprüft wurde.

Bei der dicken Messingscheibe erschien auf der ganzen (der elektrisirten Kugel zugewandten) Vorderfläche negative Elektricität, die von der Mitte bis zum Rande abnahm, auf der Cylinderfläche und der Rückfläche positive Elektricität, die von dem vorderen zum hinteren Rande zunahm, und von dort bis zur Mitte der Rückfläche wieder abnahm. Eine ähnliche Anordnung fand sich auf der dünnen Messingscheibe. Auf den größeren (Silber- und Stanniol-) Scheiben erreichte die negative Elektricität der Vorderfläche den Rand nicht mehr; es liefs sich ein schmaler nicht elek-

trischer Ring am Rande der Vorderfläche angeben. An der größten (Kupfer-) Scheibe endlich zeigte sich ein breiter Gürtel positiver Elektricität auf der Vorderfläche selbst. Die negative Elektricität nämlich nahm von der Mitte der Vorderfläche bis etwa 15 Linien Entfernung ab, bei 18 Linien war keine Elektricität, bei 21 Linien entschieden positive Elektricität aufzuzeigen, die bis zum Rande der Scheibe an Dichtigkeit zunahm, und von da auf der ganzen Rückfläche bis zum Mittelpunkte abnahm. Diese oberflächliche Kenntniß der elektrischen Anordnung auf den Scheiben (die durch die Anwesenheit der influencirten Kugel geändert wird) ist hinreichend, die Wirkung der Scheiben als Zwischenplatten zu erklären. Indem eine Scheibe normal zwischen zwei Kugeln tritt, von welchen die eine direct elektrisirt ist, treten auf ihr zwei gleiche Elektricitätsportionen verschiedenen Namens auf, von welchen die der Elektricität der Kugel ungleichnamige Menge jedenfalls auf einer kleineren Fläche verbreitet ist, als die mit jener gleichnamige. Ist die Scheibe sehr dünn, so liegen die beiden Elektricitätschichten in zwei einander nahen Ebenen, die auf der Centrallinie der Kugeln normal stehen, und die ungleichnamige Schicht wird auf die neutrale Kugel stärker wirken, als die gleichnamige, weil sie aus geringerer Entfernung wirkt. Betrachten wir z. B. die zwischen die Kugeln gestellte Kupferscheibe, so wirkt auf den nächsten Punkt der neutralen Kugel die ganze vorhandene negative Elektricität von einer Kreisfläche aus, deren Entfernung von jenem Punkte 4 Linien und deren Durchmesser 30 Linien beträgt, während eine geringere Menge positiver Elektricität von einer Kreisfläche aus wirkt, deren Entfernung von jenem Punkte zwar nur $3\frac{1}{2}$ Linien, aber deren Durchmesser $47\frac{1}{2}$ Linien mißt. Zugleich ist die negative Elektricität da am dichtesten, wo sie der neutralen Kugel am nächsten steht, in der Mitte der Scheibe, die positive aber da, wo sie jener am entferntesten ist, am Rande der Scheibe. Die negative Elektricität übt auf die neutrale Kugel daher eine stärkere Influenz aus, als die positive, und die Influenz der direct

elektrisirten Kugel wird vermindert erscheinen müssen, wie es der Versuch in hohem Grade zeigt. Ist die Dicke einer Scheibe bedeutend im Verhältnisse zum Durchmesser, so muß ihre Wirkung die entgegengesetzte seyn. Bei Zwischenstellung der dicken Messingscheibe zwischen die Kugeln ist die ganze vorhandene negative Elektricität auf eine Kreisfläche von nahe 8 Linien Durchmesser verbreitet, die 5 Linien von dem nächsten Punkte der influencirten Kugel entfernt steht; eine gleiche Menge positiver Elektricität befindet sich theils auf dem Cylindermantel, theils auf der 8 Linien breiten Kreisfläche, die nur $2\frac{1}{2}$ Linien von jenem Punkte der Kugel entfernt steht. Dieser große Unterschied der Entfernung macht es schon für sich erklärlich, daß die Wirkung der negativen Vorderfläche der Scheibe überwogen wird von der Wirkung der positiven Hinterfläche, zumal da die letztere noch durch die ganze positiv elektrische Cylinderfläche unterstützt wird. Es muß also hier die von der Zwischenplatte erfolgende Influenz gleichartig mit der ursprünglich elektrisirten Kugel seyn, diese Influenz durch die Zwischenstellung scheinbar verstärkt werden. Bei weniger extremen Dimensionen einer Zwischenplatte in Bezug zu der Entfernung der beiden Kugeln wird sich zwar ihre Wirkung auf die beobachtete Influenz nicht so leicht voraussagen, aber doch nach der Beobachtung durch die Anordnung der Elektricitäten auf der Platte erklärlich finden lassen.

Im Allgemeinen bringen die dünnen, breiten Zwischenscheiben eine scheinbare Schwächung, die dicken schmalen Scheiben eine scheinbare Verstärkung der Influenz hervor, welche eine elektrische Kugel auf eine neutrale Kugel äußert. Da es unzweifelhaft ist, daß bei leitenden Zwischenplatten diese Wirkung allein durch die Anordnung der beiden Influenzelektricitäten auf den Platten bedingt wird, so werden wir nothwendig darauf geführt, die Wirkung der nichtleitenden Zwischenplatten demselben Grunde zuzuschreiben. Daß auch die am vollkommensten isolirenden Körper durch die Influenz eines elek-

trisirten Körpers an ihrer Oberfläche mit beiden Elektrizitätsarten versehen werden, steht fest, und daß diese Elektrizitäten auf jeder der gebrauchten isolirenden Zwischenplatten in der kurzen Zeit zum Vorschein kommen, in welcher die Wirkung jener Platten beobachtet wurde, lehrt ein leichter sehr augenfälliger Versuch. Die $3\frac{1}{2}$ Linien dicke, 7 Zoll breite Schellackscheibe, oder die fast 6 Linie dicke, 54 Linien breite Paraffinscheibe, wurde zwischen einer Spiritusflamme und der Endkugel des schwach positiv elektrisirten Conductors einer Elektrisirmaschine in schneller Bewegung hindurchgeführt, so daß eine ihrer Flächen (Vorderfläche) der Kugel etwa bis einen Fuß, die Hinterfläche der Flamme einen Zoll nahe kam. Die Vorderfläche war dadurch so stark negativ elektrisch geworden, daß ein Goldblattelektroskop damit zu einer dauernden starken Divergenz elektrisirt werden konnte. Hier hatte die positiv elektrische Kugel im Augenblicke des Vorüberführens der Platte, die Vorderfläche derselben negativ, die Hinterfläche positiv elektrisirt, und die negative Elektrizität war allein zurückgeblieben, da die Flamme die positive entfernt hatte. In allen oben angeführten Influenzversuchen wurde also unzweifelhaft jede isolirende Platte, im Augenblicke, in welcher sie zwischen die beiden Scheiben oder Kugeln trat, mit beiden Elektrizitäten versehen, und wir haben nur anzunehmen, daß diese Elektrizitäten auf den dicken und dünnen Platten eine verschiedene Stelle im Raume einnahmen, um die verschiedene Wirkung dieser Platten erklärlich zu finden. Sind es aber die Influenzelektrizitäten der isolirenden Platten, welche ihre Wirkung bedingen, so folgt, daß die Zwischenstellung dieser Platten zwischen den elektrisirten und influencirten Leiter unwesentlich ist, und die Platten bei einer seitlichen Stellung in der Nähe jener Leiter gleichfalls wirken müssen. Welchen Erfolg diese Wirkung haben muß, lehrt die Untersuchung der Influenz auf eine leitende Scheibe. Eine Kupferscheibe von 47 Lin. Durchmesser wurde vor einer positiv elektrischen Kugel von $10\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser so

aufgestellt, daß die vom Mittelpunkte der Kugel auf die Scheibe gezogene Normale den horizontalen Durchmesser der Scheibe 9 Linien vom Centrum traf, und die nächsten Punkte der Kugel und Scheibe 3 Linien von einander entfernt waren. Die Prüfung des horizontalen Durchmessers der Scheibe ergab Folgendes: Die durch Influenz erregte negative Elektricität erstreckte sich auf der Vorderfläche der Scheibe 32 Linien weit von dem der Kugel nächsten Scheibenrande; die positive Elektricität nahm auf der Vorderfläche die letzten 10 Linien bis zum entfernten Rande, und den ganzen Durchmesser der Rückfläche ein. Würde eine solche Scheibe neben einer positiv elektrischen Kugel, die auf eine neutrale Kugel influencirend wirkt, dergestalt aufgestellt, daß die Ebene der Scheibe der Centrallinie der Kugeln parallel steht, und ihr vorderer Rand von jeder der beiden Kugeln gleichweit entfernt bleibt, so würde die negative Elektricität der Scheibe viel näher der influencirten Kugel zu liegen kommen, als die positive. Es würde also diese negative Elektricität vorwiegend influencirend auf die Kugel wirken, und die Influenz der ursprünglich elektrisirten Kugel geschwächt erscheinen. Derselbe Erfolg würde eintreten, wenn man die leitende Scheibe normal gegen die Centrallinie der Kugeln in den Zwischenraum zwischen beiden, aber nicht so weit brächte, daß sie von der Centrallinie geschnitten würde. Dieser letzte Versuch ist unabsichtlich bei allen vorhergehenden Versuchen angestellt worden, in welchen Zwischenplatten angewendet wurden. In dem Augenblicke, in dem eine Zwischenplatte zwischen die beiden Scheiben oder Kugeln eingeführt wurde, erschien die Influenzelektricität vermindert, wie ich schon zu Anfang angeführt habe. Diese Verminderung der Influenzelektricität war bei einigen nichtleitenden Platten sogar größer, als die darauf folgende Vermehrung bei vollkommener Zwischenstellung der Platten. Denkt man sich die untersuchte Kupferscheibe neben den beiden Kugeln so aufgestellt, daß ihre Fläche der Centrallinie der Kugeln parallel, und ihre Mitte der Mitte der Centrallinie

normal gegenübersteht, so liegt der auf beiden Flächen positiv elektrische Theil der Scheibe der influencirten Kugel viel näher, als der negativ elektrische Theil; es wird daher die überwiegende Influenz auf die neutrale Kugel von der positiven Elektricität ausgehen, und die Influenz der direct elektrisirten Kugel verstärkt erscheinen. Diesen Versuch habe ich mit den früher aufgeführten nichtleitenden Platten ausgeführt. Die Scheiben wurden in die bezeichnete Lage zur Seite der 7 Linien von einander entfernten Kugeln gebracht, von deren Oberflächen sie etwa 3 Linien entfernt blieben; ich fand überall durch diese Nebenstellung die Influenzelektricität der neutralen Kugel vermehrt. Man kann also die Influenz eines elektrisirten Körpers auf einen neutralen scheinbar und in einem beliebigen Sinn ändern, ohne daß in den Luftraum zwischen beiden ein leitender oder isolirender Körper gebracht wird.

Die vorstehende Untersuchung dürfte Folgendes zur Genüge dargethan haben: Die Influenz, die ein elektrisirter Körper auf einen neutralen ausübt, erfährt keine Aenderung durch einen in seine Nähe gebrachten Zwischenkörper, dieser mag aus leitendem oder nichtleitendem Stoffe bestehen. Eine Vermehrung oder Verminderung der Elektricitätsmenge des influencirten Körpers kann durch einen leitenden oder durch einen nichtleitenden Zwischenkörper hervorgebracht werden; sie rührt von zwei neuen Influenzen her, die von dem Zwischenkörper ausgehen, und deren Totalwirkung durch die Anordnung der Elektricitäten auf diesem Körper und daher durch den Stoff, die Form und die Dimensionen desselben bestimmt wird.

Es ist hiernach kein wesentlicher Unterschied zwischen der Wirkung leitender und nichtleitender Zwischenkörper vorhanden, aber da die Anordnung der Elektricität auf ihnen in den extremen Fällen auch von ihrem Stoffe abhängt, so werden Zwischenkörper gleicher Gestalt und Größe verschieden wirken, je nachdem sie aus leitendem Stoffe bestehen oder nicht. Diese verschiedene Wirkung wurde besonders deutlich, als der Zwischenkörper in den

Raum

Raum zwischen den influencirten und neutralen Körper gebracht war, und erhält durch die bekannte Eigenthümlichkeit der Leiter und Isolatoren ihre Erklärung. Bei den leitenden Körpern wird die Anordnung der erregten Elektricitäten allein durch die anziehenden und abstossenden Kräfte dieser Elektricitäten und der erregenden Elektricität bestimmt, bei den nichtleitenden auch noch durch den Widerstand, den die Materie der Bewegung der Elektricität entgegensetzt. Bei einer leitenden Scheibe z. B., die durch eine ihrem Mittelpunkte normal gegenüberstehende positiv elektrische Kugel influencirt wird, liegen die am stärksten positiv elektrischen Stellen in allen Fällen am Rande, bei einer nichtleitenden Scheibe können sie entfernt davon liegen. Benutzt man daher eine Scheibe, deren Durchmesser successiv immer größer genommen wird, als Zwischenplatte zwischen einer positiv elektrisirten und einer neutralen Kugel, so wird, wenn sie aus leitendem Stoffe besteht, die auf ihr erregte positive Elektricität früher aufhören, den überwiegenden Einfluss auf die neutrale Kugel zu üben, als in dem Falle, dass sie aus nichtleitendem Stoffe besteht. Bei den leitenden Scheiben wird demnach leichter die der ursprünglich elektrisirten Kugel ungleichnamige Elektricität zur sichtbaren Wirkung kommen, also die durch diese Kugel ausgeübte Influenz scheinbar geschwächt werden, bei den isolirenden Scheiben leichter die gleichnamige Elektricität wirken, also die Influenz der Kugel scheinbar verstärkt werden. Es würde zur Classificirung der Isolatoren von Interesse seyn, die kleinsten Dimensionen zu vergleichen, bei welchen Scheiben aus verschiedenem isolirenden Stoffe die Influenz bestimmter Körper merklich vermindern, wenn nicht die Leitung der Elektricität an der Oberfläche der Isolatoren diese Vergleichung sehr prekär machte. Glas, Glimmer, Schellack leiten an der Oberfläche besser als im Innern, Guttapercha schlechter, und diese Leitung ist auch durch die größte Sorgfalt bei Behandlung der Platten nicht so constant zu erhalten, dass nicht dieselbe Zwischenplatte zu verschiedenen Zeiten eine merklich

verschiedene Wirkung aufserte. Die Untersuchung einer Platte in der Art, daß sie als Zwischenplatte gebraucht wird, ist viel feiner, als die directe Untersuchung an einem Elektroskope, und giebt Unterschiede der Leitung an der Oberfläche an, die jener vollkommen verborgen bleiben.

II. Ueber die Isomerie bei dem salpetersauren Kali und dem kohlensauren Kalk; von Frankenheim.

Wenn man den Salpeter unter dem Mikroskope beobachtet, so sieht man außer den gewöhnlichen prismatischen Formen auch andere, die auf ein Rhomboëder von etwa $106\frac{1}{2}^{\circ}$ Neigung in den Endkanten führen, also auf die Krystallform des salpetersauren Natrons. Diese von mir schon vor vielen Jahren (Pogg. Ann. 1837 Bd. XL, S 447) mitgetheilte Beobachtung bot das erste Beispiel einer unterschiedenen Isomorphie von Kali und Natron dar, zugleich aber auch eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen den Formen zweier dimorpher Körper. Denn da der gewöhnliche Salpeter die Form des Aragonits und der rhomboëdrische die Form und die Spaltungs-Richtungen des Kalkspaths hat, so fand sich hier eine doppelte Isomorphie vor, eine *Isodimorphie*, wie ich sie damals nannte und diese, die sogar für Körper von ähnlicher Zusammensetzung äußerst selten ist, bietet für Körper, zwischen deren Zusammensetzung keine nahe Verwandtschaft stattfindet, auch jetzt noch das einzige Beispiel dar.

Wenn ein Körper in zwei voneinander unabhängigen Krystallformen vorkommt, so pflegt die Entstehung und Erhaltung derselben von der Temperatur abhängig zu seyn. Es war von Interesse zu untersuchen, ob die Analogie in den Formen jener beiden Salze sich auch auf die Bedingungen ihres Ueberganges ineinander erstreckte.

Nach Mitscherlich's und G. Rose's Beobachtungen verwandelt sich bei einer gewissen höheren Temperatur der Aragonit in Kalkspath. Eine diesem entsprechende Umwandlung der prismatischen in die rhomboëdrische Form habe ich aber damals an dem salpetersauren Kali niemals wahrnehmen können, vielmehr ging die letzte stets in die prismatische über, und zwar um so leichter je höher die Temperatur war.

Die beiden Formen folgten sich also, wie es schien, in den zwei Salzen nicht, wie man erwarten sollte, in paralleler, sondern in entgegengesetzter Richtung.

Die Erscheinung wurde durch eine Beobachtung G. Rose's (Pogg. Ann. 1837 Bd. XLII, S. 353) noch verwickelter. Er fand nämlich, daß der auf nassem Wege sich bildende kohleensaure Kalk um so leichter die Form des Aragonits annehme, je höher die Temperatur ist. Also während die höhere Temperatur die Entstehung des Aragonits begünstigt, wird dieser durch eine noch höhere wiederum zerstört.

Nun gibt es freilich mehrere Beispiele von Körpern, die in einer höheren Temperatur als die gewöhnliche unserer Laboratorien aus ihren Elementen gebildet, in einer noch höheren wieder in diese zerlegt werden. Aber dieses macht eine genaue Untersuchung aller dieser dem Anscheine nach widersprechender Erscheinungen nur um so nothwendiger.

Meine Beobachtungen sind mit Ausnahme derer, bei welchen das Thermometer angewendet werden mußte, sämmtlich mit einem sowohl zur Polarisirung des Lichtes als zur Winkelmessung vorgerichteten Mikroskope angestellt. Die goniometrische Vorrichtung ist dieselbe, welche ich bei meinen älteren Beobachtungen am Salpeter, Schwefel, Quecksilber-Jodid und andern Stoffen angewendet und (Pogg. Ann. 1836 Bd. XXXVII, S. 637) kurz beschrieben habe. Man mißt damit nicht die Flächen-, sondern die ebenen Winkel der Krystalle und zwar fast mit derselben Genauigkeit wie mit dem gewöhnlichen Reflexions-Goniometer. Man erlangt zwar nur dann richtige Resultate, wenn die

Schenkel des Winkels der Ebene der Goniometer-Theilung parallel, der Axe des Instrumentes perpendicular liegen. Aber diese Bedingung ist, soweit sie auf die Richtigkeit der Beobachtungen einwirkt, leicht zu erfüllen.

Die *Polarisation* wird durch zwei Nicol'sche Prismen bewirkt, von denen das analysirende auf das Ocular gelegt werden kann; dadurch wird zwar das Gesichtsfeld etwas verengt. Aber die Möglichkeit ein Object bald zwischen den gekreuzten Nicols bald ohne sie zu beobachten, hat ihre großen Vortheile. Auch das polarisirende Nicol kann, ohne das Object zu verrücken, ein und ausgestellt werden.

Der Object-Tisch ist mit einer auf die Axe des Mikroskopes perpendicularen und mit ihm concentrischen Drehscheibe versehen, so daß eine Krystall-Tafel, in ihrer Ebene gedreht und die Projection der optischen Elasticitäts-Axen in ihr bestimmt werden kann. Die Neigungen dieser Axen zu den Kanten der Krystalle können vermittle des Goniometer-Kreises gemessen werden; es ist jedoch zweckmäfsig auch die Drehscheibe mit einer Theilung zu versehen.

Durch diesen Apparat wird das Studium der mikroskopischen Krystalle sehr erleichtert. Es bietet oft das einzige Mittel dar, um an einer Krystall-Druse parallel von abweichend gelagerten, Zwillinge von einfachen Individuen und namentlich die Pseudomorphosen von den unveränderten Krystallen zu unterscheiden, denen sie sehr häufig an der Schärfe der Kanten und selbst in der Durchsichtigkeit so vollständig gleich kommen, daß die Veränderung sich sogar unter dem Mikroskope nur durch das Verhalten des Krystalles zwischen den gekreuzten Nicol'schen Prismen wahrnehmen läßt. Bei der Anwendung des Polarisations-Mikroskopes würde man auch die häufig begangenen und für die richtige Auffassung der Molecular-Theorie nachtheiligen Verwechselungen von flüssigen und erstarrten Tropfen vermieden haben, und viele im Mikroskop amorph erscheinende Körper würden als ein Aggregat von Krystallen oft von paralleler Lage erkannt worden seyn.

Das salpetersaure Kali.

Die aus langsam verdampfenden Tropfen einer Lösung von Salpeter und Wasser anschliessenden Krystalle gehören fast ohne Ausnahme der rhomboëdrischen Form an. Dieselbe Art von Krystallen entsteht auch, wenn der Salpeter aus anderen Salzlösungen oder aus Weingeist anschiefst, oder durch Zutropfeln von Alkohol, Salpetersäure oder Kali zur wässerigen Lösung niedergeschlagen oder durch Zusammenbringen von Salpetersäure und Kali erst gebildet wird.

Das Feld des Mikroskops bedeckt sich mit einzelnen oder regelmässig gruppirten rhomboëdrischen Tafeln und einigen wenigen derselben Grundform angehörigen aber anders gestalteten Krystallen.

Diese Tafeln erscheinen zwischen den gekreuzten Prismen je nach ihrer Dicke mit verschiedenen, in der Regel über den ganzen Krystall hin gleichen Farben. Sie bleiben aber dunkel, wie der von Krystallen freigebliebene Theil des Feldes, wenn die Polarisations-Ebenen der Prismen die Winkel der rhombischen Tafeln halbiren.

Die Auflösung dieses Salzes in Wasser ist einer starken Uebersättigung fähig. Man sieht zuweilen flüssige Tropfen, die nach einiger Zeit zu einem Krystall oder zu einer Gruppe parallel- oder zwillingsartig verbundener Individuen erstarren und dabei kaum eine Spur von Feuchtigkeit zurücklassen.

Wenn die Salpeterlösung in einer sehr dünnen Schicht auf die Glasscheibe des Object-Tisches getragen war und bei Lösungen in Weingeist bleiben zuweilen, nach dem völligen Auftrocknen der Flüssigkeit, blos rhomboëdrische Krystalle zurück; aber dieses ist selten. In der Regel besteht der überwiegend grössere Theil des ausgeschiedenen Salzes aus langen dendritisch verzweigten Prismen, die zwischen den gekreuzten Nicols zwar ebenfalls schöne Farben geben, aber dunkel werden, wenn ihre Hauptrichtung der Polarisations Ebenen der Prismen parallel und perpendikular liegt. Man kann sie dadurch vor den zuweilen

stabartig ausgedehnten Rhomben der ersten Art leicht unterscheiden.

Einzelne Krystalle der prismatischen Art entstehen auf diese Weise selten. Sie bilden sich aber in Menge, wenn man die Prismen mit einer geringen, zu ihrer Auflösung unzureichenden Menge Wasser oder Salpeter-Lösung durch einanderrührt, wobei sie zerbrochen und die Fragmente zu sechsseitigen Prismen mit sechsflächiger Zuspitzung ergänzt werden. Es sind die Krystalle des gewöhnlichen Salpeters.

Einige wenige Lösungen ausgenommen, in denen gewisse Beimengungen die Bildung des rhomboëdrischen Salpeters verhindern, kommt auf hundert rhomboëdrische Krystalle nicht ein prismatischer Krystall. Es finden sich jedoch in Tropfen von einigen Linien Durchmesser immer Stellen, an den Rauheiten der Glasfläche selbst oder an Staubtheilchen, an welchen der Salpeter in prismatischen Formen anschießt. In der Regel bringt auch die Berührung mit einem trocknen Stifte diese Wirkung hervor. Aber wo einmal ein prismatischer Krystall entstanden ist, wächst er gewöhnlich in langen Stäben durch den Tropfen fort. Gelangt ein solcher Stab in die Nähe eines rhomboëdrischen Krystalls, so rundet sich dieser an der dem prismatischen Krystalle zugekehrten Seite ab und löst sich zuweilen ganz auf, während dieser mit scharfen Kanten und Ecken immer weiter fortwächst.

Die Prismen sind offenbar minder löslich als die Rhomboëder. In einer Flüssigkeit, in welcher diese kaum merklich fortwachsen, indem sie gesättigt ist und nur durch Verdampfung neuen krystallisirbaren Stoff herzugeben im Stande ist, ist der prismatische Salpeter *übersättigt*. Er findet noch viel krystallisirbaren Stoff vor und kann sich daher mit großer Schnelligkeit über einen weiten Raum verbreiten und da fortwachsen, wo der leichter lösliche rhomboëdrische Salpeter sich auflöst.

Während dieser Proceß gewöhnlich an mehreren Stellen des Tropfens stattfindet, bringt zuweilen eine Strö-

mung, an denen es im Tropfen niemals fehlt, oder wenn die Krystalle schwimmen, die Adhäsion, welche alle benetzten schwimmenden Körper zusammenführt, einen prismatischen Salpeter-Krystall in Berührung mit einem rhomboëdrischen. Dann tritt eine sehr interessante Erscheinung ein. Der rhomboëdrische Krystall und alle, die ihn zufällig berühren, wird trübe, die Ränder und die Oberfläche werden rauh und es gehen aus dem noch vor Kurzem ruhenden oder gar sich auflösenden Krystalle Arme aus, die sich aber nicht mehr als Fortsetzungen eines rhomboëdrischen Krystalls, sondern in allen Beziehungen als prismatischen Salpeter verhalten. Die Rhomboëder hatten sich also durch die Berührung des prismatischen Krystalls verwandelt und waren zu einer Pseudomorphose geworden, von der äusseren Form des rhomboëdrischen, aber dem Stoffe des prismatischen Salpeters, dessen Krystallform sich sogar in dem Aggregate, das die rhomboëdrische Umgränzung noch behalten hat, zuweilen noch deutlich erkennen lässt. Zwischen den gekreuzten Nicols hat das Ansehen der Rhomboëder sich natürlich gänzlich verändert und das eines Aggregates angenommen.

An der Schnelligkeit dieser Umwandlung hat die den Krystall bedeckende Flüssigkeit einen grossen Antheil. Denn diese, die den Rhomboëdern gegenüber gesättigt ist, ist im Verhältniss zu dem minder löslichen prismatischen Salpeter stark übersättigt. Sobald sie daher in dem Bereich eines solchen Krystalls kommt, scheidet sich der überflüssige Theil aus, kommt an unzähligen Stellen mit dem rhomboëdrischen Salpeter in Berührung und leitet an jeder dieser Berührungsstellen den Umwandlungs-Proceß ein, der in einem ganz getrockneten Krystall nur von wenigen Punkten ausgehen und daher langsam fortschreiten würde.

Ein rhomboëdrischer Krystall kann sich also nur dann erhalten, wenn die Flüssigkeit, die ihn umgibt, ganz aufgetrocknet ist, daher bei nicht ganz flachen Tropfen, oder wo die Verdampfung durch einen Zusatz von Salpetersäure oder Kali zur Lösung verzögert ist, ein Rhomboëder nur

selten vor der Zerstörung bewahrt wird. Es wird daher mit den uns gegenwärtig zu Gebote stehenden Hilfsmitteln niemals gelingen einen zur Messung am Reflexionsgoniometer hinreichend großen Krystall zu erlangen. Ich habe sie bisjetzt niemals anders als mikroskopisch gesehen.

Wenn jedoch die Krystalle einmal trocken geworden sind, erhalten sie sich leichter. Sie können mit festen Körpern berührt werden, es kann sogar ihre Spaltbarkeit untersucht werden, ohne daß sie dadurch immer zerstört würden. Indessen führt die Berührung mit einem prismatischen Salpeterkrystall und oft auch die Berührung mit einem trocknen Stifte die Umwandlung herbei. Das Rhomboëder überzieht sich dann mit einem zarten Schleier, durch den weder die Durchsichtigkeit, noch die Schärfe der Kanten merklich leidet. Es ist aber dennoch in feine Staubtheilchen zerfallen, die ein Stift ohne Hinderniß durchziehen kann, und läßt zwischen den gekreuzten Prismen ein mattes Licht durch, dessen Intensität sich durch Drehung der Scheibe wenig oder gar nicht verändert. Wo die Glasplatte vor Staub und Reibung einigermaßen geschützt ist, können sich die rhomboëdrischen Krystalle Monate lang erhalten.

Bei dem Erwärmen der Platte bis über 200° treten keine andere Veränderungen ein, als daß der Uebergang der rhomboëdrischen in die prismatische Art etwas leichter eintritt als in niedriger Temperatur. Aber wenn die Temperatur bis zum Schmelzpunkt des Salpeters steigt, nimmt man neue und interessante Erscheinungen wahr, die am deutlichsten beobachtet werden können, wenn die Erwärmung der mit trockenen Krystallen beider Salpeter-Arten bedeckten Glasplatte so regulirt wird, daß der Salpeter an der einen Stelle schmilzt, an der anderen noch nicht verändert wird.

Bei einer gewissen dem Schmelzpunkte nahen Temperatur werden nämlich die prismatischen Krystalle ohne Unterschied der Größe plötzlich verändert. Sie zerfallen

in ein Aggregat krystallinischer Theile, die zuweilen durch deutliche Zwischenräume von einander getrennt, trübe und uneben geworden sind. Zuweilen ist keine andere Veränderung sichtbar, als ein äußerst feiner Sprung; zuweilen ist auch dieser nicht zu erkennen und die prismatischen Krystalle haben keine auch nur im Mikroskop kenntliche Veränderung erfahren. Aber wenn man sie zwischen die gekreuzten Prismen bringt, so wird die Veränderung deutlich. Jeder prismatische Krystall ist in eine Anzahl Krystalle anderer Art zerfallen, die durch ihre Farbe und die Lage ihrer Axen deutlich verschieden sind. Die Rhomboëder, die zwischen den prismatischen Krystallen liegen, haben gar keine Veränderung erlitten, und verhalten sich nach ihrer Abkühlung ganz so, wie vor der Erwärmung.

Wenn man die Stellen, wo der Salpeter geschmolzen ist, unter das Mikroskop bringt, so sind in den Prismen und Rhomboëdern die Ecken in gleicher Weise abgerundet, beide Arten von Krystallen sind offenbar zu gleicher Zeit geschmolzen. Der prismatische Salpeter war nämlich schon vorher in rhomboëdrischen verwandelt und man hatte auf der Glasplatte in der That nur noch rhomboëdrische Krystalle, von denen ein Theil die äußere Form des prismatischen Salpeters besaß.

An einigen Stellen hat sich der geschmolzene Salpeter zu Tropfen gebildet, in denen man die frühere Gestalt nicht wieder erkennen kann. Von diesen sind, wenn man die Glastafel noch heiß unter das Mikroskop bringt, einige noch flüssig, andere sind schon erstarrt und von den flüssigen oft nur dadurch zu unterscheiden, daß ein Stift, den man an sie hält und der die noch flüssigen zum Erstarren bringt, die festen unverändert läßt. Aber zwischen den Nicol'schen Prismen geben die wirklichen Tropfen natürlich kein Zeichen von Polarisation, welche dagegen niemals fehlten, wo der Tropfen erstarrt war, auch da wo er im Mikroskop ein völlig Glas-ähnliches Ansehen hatte. Der erstarrte Tropfen verhielt sich entweder wie ein Ag-

gregat divergirender Fasern, wie sie bei fast allen erstarrenden Körpern entstehen, oder er bestand aus einem oder mehreren parallel gelagerten Individuen.

Hin und wieder hatte der erstarrte Tropfen außer jener faserigen Structur auch noch farbige Ringe und Flecke, welche unstreitig von der durch die Schnelligkeit der Erkaltung verursachten Spannung herrührten, die aber, wenn man die geringe Dicke des Tropfens berücksichtigt, von weit größerer Intensität gewesen seyn muß, wie bei dem gekühlten Glase.

Wenn man den Salpeter in größerer Menge schmelzen und sich dann abkühlen läßt, so treten Erscheinungen ein, die denen, die ich vor vielen Jahren am Schwefel beobachtet habe, sehr ähnlich sind. In hohen Temperaturen ist der Gang des Thermometers sehr unregelmäßig. Es bleibt bei großen Temperaturen lange stationär oder sinkt sehr langsam, obgleich die Masse längst vollständig erstarrt war. Dann wird der Gang desselben bis zur gewöhnlichen Temperatur herab ganz regelmäßig. Ich habe dieses nicht nur bei größeren im Tiegel geschmolzenen Salpeter-Mengen beobachtet, sondern auch, wenn man das Thermometer-Gefäß durch Eintauchen in geschmolzenen Salpeter mit einer Schicht erstarrten Salpeters umgab. Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, daß die Ursache dieser thermischen Anomalie in dem Uebergange des rhomboëdrischen in den prismatischen Salpeter liegt. Indessen bin ich jetzt noch nicht im Stande die Temperatur, bei welcher er stattfindet, und die dabei entwickelte Wärme-Menge genau anzugeben.

Bei der Abkühlung des Salpeters, sowohl im Tiegel als an der Thermometerkugel selbst, habe ich einen eigenthümlichen klingenden Ton beobachtet, der vielleicht ebenfalls von der durch jene Umwandlung verursachten Molecular-Bewegung herrührt.

Die Salpeter-Gattung, wenn man mir diesen Ausdruck erlauben will, hat also zwei Arten, eine prismatische, welche

ich nach der von mir früher vorgeschlagenen Weise mit $\text{K}\ddot{\text{N}}\alpha$ bezeichnen will, und eine rhomboëdrische $\text{K}\ddot{\text{N}}\beta$. Beide entstehen und erhalten sich in Temperaturen von -10° , der niedrigsten, bei der ich beobachtet habe, bis wahrscheinlich gegen 300°C . Aber nur α ist innerhalb dieses Temperatur-Intervalls *normal*. β geht durch verschiedene Ursachen, namentlich, wenn es mit einem Krystall der Art α berührt wird, in diese Art über; β ist also *anormal*.

Oberhalb eine *Uebergangs-Temperatur*, die ϑ seyn mag, ist jedoch β normal und zwar so sehr, daß α , sobald es bis zur Temperatur ϑ erwärmt wird, plötzlich in β übergeht.

In der Nähe des Schmelzpunktes des Salpeters giebt es also, wenn man nicht noch eine dritte Art annehmen will, wofür keine Beobachtung spricht, bloß $\text{K}\ddot{\text{N}}\beta$, und kühlt sich der geschmolzene Salpeter ab, so kann er entweder seinen Zustand unverändert bis in die gewöhnliche Temperatur hin bewahren oder er fängt bei einer ϑ nicht überschreitenden Temperatur mit seiner Umwandlung an und setzt diese während der Abkühlung fort, bis er in einer mehr oder weniger niedrigen Temperatur ganz zu α geworden ist.

Der kohlensaure Kalk.

In hohen Temperaturen ist die *normale* Krystallform des kohlensauren Kalks rhomboëdrisch. Geschmolzen erstarrt er in Massen von rhomboëdrischer Spaltbarkeit. Der natürliche Kalkstein, der bei seiner Bildung oder später der Wirkung einer starken Hitze ausgesetzt war, ist Kalkspath. Der Marmor ist ein Aggregat rhomboëdrischer Krystalle.

In niederen Temperaturen entstehen und erhalten sich beide Arten, der Kalkspath und der Aragonit. Aber dieser kann eine gewisse Temperatur nicht überschreiten, sobald diese erreicht ist, verwandelt er sich plötzlich, zuweilen mit

einer Kraft, daß eine starke ein Zoll weite Röhre durch ein Linien großes Stück zerschmettert wird, in Kalkspath.

Ca Ca ist also Aragonit,

$\text{Ca C}\beta$ ist Kalkspath.

Diese Erscheinungen stimmen mit denen beim Salpeter vollständig überein, die rhomboëdrischen und prismatischen Formen stehen in beiden Salzen in demselben Verhältnisse gegen einander, und es findet bloß der Unterschied statt, daß die Uebergangs-Temperatur bei dem kohlen-sauren Kalke weit höher liegt als bei dem salpetersauren Kali, aber noch weit unterhalb der Temperatur, bei welcher er sich an freier Luft zersetzt oder schmilzt.

Die bei dem Salpeter so interessanten Verwandlungen konnten bei dem fast unlöslichen kohlen-sauren Kalk natürlich nicht beobachtet werden. Ich konnte in meinen Versuchen, die in ähnlicher Weise wie die G. Rose's, nur mit weit kleineren Quantitäten angestellt wurden, die Krystalle bloß fertig gebildet, niemals während ihrer Bildung beobachten. Aber G. Rose hat die interessante Beobachtung gemacht, daß die Krystalle sich um so leichter in Aragonit-Form bilden, je höher die Temperatur ist. Bei dem Salpeter fand ich die damit verwandte Erscheinung, daß der Uebergang der rhomboëdrischen in die prismatische Art um so leichter von Statten ging, je höher die Temperatur war, wonach also die prismatische Bildung um so mehr überwiegt, je höher die Temperatur ist, so lange diese die Uebergangs-Temperatur auch nicht erreicht hat. Ist dieses geschehen, dann geht freilich alles wiederum in die rhomboëdrische Form über.

Ich werde bei der Fortsetzung dieser Arbeit Gelegenheit haben, dieselbe Anomalie auch bei anderen Stoffen nachzuweisen, daß von zwei isomeren Arten sich eine um so leichter bildet, je höher die Temperatur ist, so lange diese nur eine gewisse GröÙe nicht erreicht hat, aber sogleich zerstört wird, sobald diese Temperatur überschritten wird.

Die Ursache scheint mir im Folgenden zu liegen: Es

ist eine bis jetzt ohne Ausnahme bestehende Regel, daß mit dem Steigen der Temperatur der Widerstand der festen Theile eines Körpers gegen irgend eine äußere Kraft abnimmt. Der Elasticitäts-Modulus aller festen Körper wird kleiner; die bleibenden Veränderungen, welche ein Körper unter dem Einflusse einer äußeren oder inneren Kraft erleidet, treten früher ein und werden stärker. In höheren Temperaturen zerreißen alle Körper leichter, die Federn verlieren ihre Spannung, der Stahl seine Härte, das Glas seine durch schnelle Abkühlung erlangte Spannung. Durch eine höhere Temperatur erlangen die Theile aller Körper leichter die Fähigkeit den abnormen Zustand aufzugeben und sich in einen normalen zu ordnen. Viele Körper, Metalle, Gläser werden durch eine lang dauernde Erwärmung sogar zu einem Aggregate von Krystallen.

Man ist daher wohl berechtigt, dieses Gesetz der molecularen Kräfte auch auf den Uebergang isomerer Arten anzuwenden. In dem ganzen Temperatur-Intervall, wo zwar zwei Arten bestehen können, α und β , aber nur α normal ist, β aber, wenn es sich erhalten soll, einer gewissen Schonung, der Entfernung störender Ursachen, bedarf, wird die Verwandlung von α in β um so leichter eintreten, je größer die Beweglichkeit der Theile, je höher also die Temperatur ist, vorausgesetzt, daß diese noch nicht die Höhe erreicht hat, welche den Uebergang in β bedingt.

Auf diese Weise findet, wie ich glaube, die bei dem Uebergange dimorpher oder isomerer Körper-Arten sehr gewöhnliche Erscheinung, daß die minder hohe Temperatur erzeugt, was die höhere zerstört, ihre Erklärung.

III. Erklärung der diamagnetischen Wirkungsweise durch die Ampère'sche Theorie;

von Dr. c. Feilitzsch,

Prof. in Greifswald.

(Zweite Abhandlung, die erste in d. Ann. Bd. 87, S. 209 u. 427.)

Diamagnetismus und Magnetismus entspringen aus einer identischen Erregung der kleinsten Massentheilchen.

1. Das Material zu der nachfolgenden zweiten Abhandlung der »Erklärung diamagnetischer Wirkungsweise durch die Ampère'sche Theorie« lag bereit, als die erste Abhandlung in Poggendorff's Annalen Bd. LXXXVII, S. 206 und 427 erschienen war. Mittlerweile hatte Hr. Weber die dritte Abtheilung seiner »elektrodynamischen Maafsbestimmungen, insbesondere über den Magnetismus« veröffentlicht. Da die darinnen aufgestellte Theorie, gestützt auf die sinnreichsten Versuche, gerade das Gegentheil von dem aussagte, was u. a. in jener meiner ersten Abhandlung bewiesen werden sollte, so war mir eine Wiederholung und weitere Fortführung jener Versuche zur Pflicht gemacht, um entweder mich ihren Consequenzen anzuschließen, oder um die von mir ausgesprochenen Ansichten stärker zu befestigen.

2. Meine bisherigen Untersuchungen hatten mich zu folgenden Resultaten geführt:

Der eisenmagnetische, der diamagnetische und der sauerstoffmagnetische Zustand entstehen aus derselben und in allen drei Zuständen gleichgerichteten Polarität der kleinsten Theilchen.

Diese drei Zustände unterscheiden sich nur 1) durch die Entfernung der kleinsten Theilchen voneinander und die dadurch verminderte magnetische Molecularinduction und 2) durch die Art, wie in denselben die magnetische Polarität erregt wird.

Die relative Entfernung (und Gröfse) der kleinsten Theilchen bedingt den Unterschied zwischen den eisenmagnetischen, wismuthmagnetischen und sauerstoffmagnetischen Körpern. Je näher die kleinsten Theilchen, bei sonst gleicher Gröfse, aneinander liegen, desto mehr überwiegt die magnetische Molecularinduction über die Wirkung der äufseren magnetischen Induction. Die erste Körperklasse ist durch die geringste, die letzte durch die gröfste relative Entfernung der kleinsten Theilchen charakterisirt.

Erfährt ein länglicher Körper in der Mitte seiner Längsausdehnung (etwa durch eine galvanische Spirale von geringerer Länge als der Körper) eine stärkere äufser magnetische Induction als an den Enden, so wird er, welche der drei Klassen er auch angehören mag, stets in den eisenmagnetischen Zustand versetzt.

Dahingegen treten die drei genannten Zustände an den drei verschiedenen Körperklassen auf, wenn dieselben in länglicher Form von den Enden her stärker magnetisch inducirt werden, als von der Mitte der Längsausdehnung (etwa durch Aufhängen zwischen zwei Magnetpolen).

Nach der Richtung der magnetischen Axe ist im magnetischen Zustand das magnetische Moment in der Mitte der Axe gröfser als an den Enden derselben; im diamagnetischen und sauerstoffmagnetischen Zustand dagegen ist es an den Enden gröfser als in der Mitte der Axe.

Nach der Richtung des Querschnitts (senkrecht zur magnetischen Axe) findet dagegen folgende Vertheilung der magnetischen Momente statt: in eisenmagnetischen Körpern ist dasselbe in der Mitte $= 0$ und ist an der Peripherie und in geringem Abstand von derselben von gleicher Gröfse, in wismuthmagnetischen Körpern nimmt das magnetische Moment von der Peripherie nach der Mitte ab, ohne $= 0$ zu werden, in sauerstoffmagnetischen Körpern endlich besitzt das mag-

netische Moment über den ganzen Querschnitt hinweg denselben Werth 1).

Ein wismuthmagnetischer Körper flieht vor dem erregenden Pole und ein magnetischer wendet sich ihm zu, wesentlich deswegen weil sie das Bestreben haben von Stellen schwächerer Magnetkraft zu Stellen stärkerer Magnetkraft überzugehen. Und zwar liegen die Stellen der durch einen äußern Pol in einem eisenmagnetischen oder wismuthmagnetischen Querschnitt erregten größten Magnetkraft in beträchtlichem Abstand von diesem Querschnitt, während sie bei einer sauerstoffmagnetischen Substanz in dem Querschnitt selbst liegen. Daraus folgt, daß ein jeder sauerstoffmagnetische Querschnitt, folglich auch der ganze sauerstoffmagnetische Körper das Bestreben hat, sich den erregenden Magnetpolen anzunähern. Ferner muß, wegen der magnetischen Vertheilung in der Richtung der Axe die Stelle stärkster Magnetkraft eines länglichen eisenmagnetischen Körpers in dem Körper selbst liegen, derselbe also ebenfalls von einem äußern Magnetpole angezogen werden. Dagegen aber muß die Stelle stärkster Magnetkraft eines länglichen wismuthmagnetischen Körpers wegen der Vertheilung in der Richtung der Axe außerhalb und in beträchtlicher Entfernung vom Körper liegen, weswegen er das Bestreben hat, vor dem erregenden Magnetpol zu fliehen.

3. Dahingegen leugnet Hr. Weber die gleiche Polarität der kleinsten Theilchen bei eisenmagnetischen und

wismuthmagnetischen Körpern. 1) Zur bequemeren Uebersicht sind die Behauptungen dieses und des vorigen Satzes in Fig. 3 Taf. III bildlich dargestellt. Dasselbst bedeuten *N* und *S* die erregenden äußeren Magnetpole, *a* einen eisenmagnetischen, *b* einen wismuthmagnetischen und *c* einen sauerstoffmagnetischen Körper. Durch *ns* ist die Richtung der magnetischen Polarität der kleinsten Theilchen angedeutet; die Ordinaten der Curve über der Axe *ox* entsprechen dem magnetischen Moment der resp. Schichten in der Richtung der magnetischen Axe, und die Ordinaten der Curve über der Axe *ox'* dem magnetischen Moment der resp. Theilchen des Querschnitts.

wismuthmagnetischen Körpern und erklärt das diamagnetische Verhalten zum Unterschied von dem magnetischen daraus, daß ein erregender Pol in den kleinsten Theilchen wismuthmagnetischer Körper den *gleichnamigen* Pol sich zuwende und den *ungleichnamigen* abstofse, während in den kleinsten Theilchen der magnetischen Körper ein erregender Pol sich den *ungleichnamigen* Pol zuwende und den *gleichnamigen* zurückstofse. Wenn ich recht sehe, soll aber die diamagnetische Polarität nicht eigentlich ihren Urgrund in einer Scheidung der beiden entgegengesetzten Magnetismen der kleinsten Theilchen (umgekehrt wie bei magnetischen Körpern) haben, sondern darin, daß durch die Annäherung eines Magneten oder einer galvanischen Spirale Molecularströme inducirt werden, welche den momentanen Inductionsströmen gleichgerichtet sind und somit gleichwerthig einer der magnetischen entgegengesetzten Polarität. Diese Molecularinductionsströme sind der magnetischen Scheidungskraft einer benachbarten erregenden Ursache proportional, und da sie ohne Widerstand um die Molecule kreisen, dauern sie ungeschwächt fort, bis die erregende Ursache sich entfernt und dadurch sie vernichtet. Die in größeren Bahnen sich um einen Leiter bewegendes Inductionsströme werden dagegen durch denjenigen Widerstand gleich nach ihrem Entstehen vernichtet, den dieselben in dem Leiter vorfinden.

4. Das aber eine der magnetischen entgegengesetzte Polarität oder etwas derselben Gleichwerthiges den diamagnetischen Zustand begründe, beweist Hr. Weber durch folgenden an der Spitze der genannten Untersuchungen stehenden Fundamentalversuch: Ein Hufeisenmagnet NS (Poggendorff's Annalen LXXXVII, Tafel III u. S. 168 Fig. 2. 3. 4.) ist an einem Faden aufgehängt, so daß beide Schenkel in derselben Horizontalebene schwingen können. Zwischen beiden Schenkeln befindet sich die Mitte einer vertical stehenden langen galvanischen Spirale, innerhalb welcher ein Cylinder von chemisch reinem Wismuth aa

und von weniger als der halben Länge der Spirale mittelst eines Fadens aus der Ferne auf und abbewegt werden kann. Bei dieser Bewegung befindet sich abwechselnd das untere und das obere Ende des Cylinders zwischen den Magnetpolen. In Folge des Zustandes, in welchen das Wismuth durch die thätige galvanische Spirale versetzt wird, wirkt dasselbe in beiden Lagen entgegengesetzt ablenkend auf den Magneten. Diese Ablenkung wird, wie am Magnetometer, durch Fernrohr, Scale und Spiegel beobachtet, welcher letztere P an der Drehungsaxe des Magneten kefestigt ist. Befinden sich die Schenkel des Magneten in einer Horizontalebene, welche gerade die verticale Spirale halbirt, so dürfte dieselbe eigentlich keine Ablenkung auf den Magneten ausüben. Um aber etwaige geringe Ablenkungen (die namentlich aus dem Eisengehalt des Kupferdrahtes hervorgehen) zu compensiren, wird in einiger Entfernung vom Magneten ein Multiplikator M von wenigen Windungen aufgestellt und durch den Strom der Spirale in Thätigkeit versetzt. Bringt man nun vom Fernrohr aus durch die gewöhnlichen Mittel den schwebenden Hufeisenmagneten in Ruhe und hebt alsdann den Wismuthstab innerhalb der Spirale, so daß sein unteres Ende in die Ebene der Pole desselben kommt, so beobachtet man eine Ablenkung durch Verrückung des Skalenbildes am Verticalfaden des Fernrohrs. Die dadurch veranlafste Schwingung des Magneten wird vermehrt, wenn man beim Rückgang desselben den Wismuthstab wieder senkt. Durch abwechselndes Heben und Senken des Stabes im Takte der Schwingungen des Magneten kann man diesem beträchtliche Ausschläge ertheilen und im umgekehrten Takte diese Ausschläge wieder bis zur Ruhelage vermindern.

Wird statt des Wismuthstabes ein Eisenstab (Draht) von derselben Länge, aber von möglichst geringer Dicke, in derselben Weise auf und abbewegt, so zeigt sich, daß der Hufeisenmagnet die entgegengesetzte Ablenkung erhält, also z. B. beim Heben höhere Scalentheile ins Fernrohr

führt
gung
5

6
betr
We
Fol
imm
ich
bark
Pap
ser
Kup
Seid
holt
wic
2st
je
and
mit
NS
aus
we
lich
bei
vo
fes
L
st
zu
1

führt, während der Wismuthstab beim Heben eine Bewegung zu *niederen* Scalentheilen veranlaßt.

5. Aus diesen Versuchen schließt Hr. Weber: daß gleiche Scheidungskraft entgegengesetzte ideale Vertheilungen beim Eisen und beim Wismuth hervorbringt, oder umgekehrt, daß *eine gleiche ideale Vertheilung bei Eisen und Wismuth entgegengesetzt gerichteten Scheidungskräften entspricht* ¹⁾.

6. Diese Versuche wiederholte ich mit Apparaten von beträchtlich größeren Dimensionen, als die sind, welche Weber zu seinen Versuchen benutzte. Die hier und im Folgenden gebrauchten Vorrichtungen mußten soweit als immer möglich von mir selbst construiert werden, wodurch ich am sichersten ein Urtheil über die Gränze ihrer Brauchbarkeit erhielt. Die galvanische Spirale war auf einen Pappcylinder von 520^{mm} Länge, 37^{mm} innerem Durchmesser und 4^{mm} Pappdicke aufgewunden. Sie bestand aus Kupferdraht von etwas mehr als 1^{mm} Durchmesser, der mit Seide umspunnen und zur besseren Isolation zu wiederholten Malen mit Bernsteinlack getränkt war. Das Gewicht des Drahtes betrug mit der Ueberspinnung etwa 2^{kg},2 und diese waren auf 4 Lagen von 510^{mm} Länge und je 305 Windungen vertheilt. Jede Lage wurde von der anderen durch zwei Lagen starker Seide getrennt, welche mit Schellacklösung mehrfach gefirnist war. Der Magnet NS (Pogg. Ann. Bd. 87, Heft III. Fig. 2. 3. 4.) bestand aus einem Stück Gufsstahl von 330^{mm} Länge und 18^{mm} Seite, welches hufeisenförmig gebogen war, so daß die Pole im lichten 73^{mm} von einander abstanden. Befand sich zwischen beiden Schenkeln die Spirale, so stand jeder noch 6^{mm},5 von derselben ab. Am Magneten war der Spiegel P befestigt, und beide hingen an 15 Coconfäden von 2^{mm},4 Länge von der Decke des Zimmers herab. Der Wismuthstab *aa* von chemisch-reinem Wismuth (aus der Apotheke zum Einhorn in Berlin) war 248^{mm} lang, hatte 20^{mm} Durch-

1) Elektrodynamische Maafsbestimmungen S. 541. Pogg. Ann. Bd. 87, S. 147.

messer und wog 778^{gr},8. Bei der höchsten Hebung und tiefsten Senkung innerhalb der Spirale standen seine Enden noch wenigstens 16^{mm} von den resp. Enden der Spirale ab. Die Rolle, an welcher der Wismuthstab auf- und abbewegt wurde, war ebenfalls an der Decke des Zimmers befestigt. Fernrohr und Scale waren in etwa 2^m,5 Abstand vom Spiegel des Magneten aufgestellt. Da ich keine messenden Versuche beabsichtigte, unterliefs ich es den Magneten mit einem Dämpfer zu umgeben.

7. Versuch 8. Die Spirale wurde mit 6 Grove'schen Elementen von je 80 Quadratcentim. Platinblech in Thätigkeit versetzt. Der Nordpol der Spirale war nach oben gekehrt, und der Nordpol des Magneten, sowie die höheren Scalentheile befanden sich zur Linken des hinter dem Fernrohr stehenden Beobachters. Nachdem der Magnet so beruhigt war, dafs er nur noch sehr kleine Schwingungen vollführte, wurde der Wismuthstab in der Spirale gehoben und der grösste Ausschlag nach rechts (im Fernrohr nach links) in Zehnteln von Millimetern der Scale beobachtet und notirt. Alsdann wurde der Stab wieder gesenkt und wiederum der grösste Ausschlag nach links notirt. So wurde abwechselnd der Stab sieben Mal gehoben und gesenkt. Hierauf blieb der Stab während einer einfachen Schwingung in der unteren Lage, und wurde dann wieder sieben Mal im Takt der Schwingungen gehoben und gesenkt. Demnächst wurde er während einer Schwingung in der oberen Lage gelassen, um wieder dasselbe Spiel zu vollführen u. s. f. In der nachfolgenden Tabelle sind unter der Ueberschrift, Wismuthcylinder, die so gewonnenen Resultate einer von vielen in dieser Weise angestellten Beobachtungsreihen aufgezählt. Und zwar ist in der ersten Columnne die jedesmalige Stellung des Wismuthstabes, in der zweiten der entsprechende grösste Ausschlag des Magneten in Zehnteln von Scalentheilen und in der dritten die Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ausschlägen, d. i. Schwingungsbogen angegeben. Die Zahlen unter der Ueberschrift »Wachscylinder« wer-

den bei Gelegenheit des dritten Versuchs No. 12 Erörterung finden.

a) Versuche mit dem Wismuthcylinder.

b) Versuche mit dem Wachs-
cylinder.

Der Cylinder war	Fortsetzung.				Fortsetzung.			
	Beob- achtete Zahlen.	Schwin- gungs- weite.	Beob- achtete Zahlen.	Schwin- gungs- weite.	Beob- achtete Zahlen.	Schwin- gungs- weite.	Beob- achtete Zahlen.	Schwin- gungs- weite.
gesenkt			5306	276			5291	109
gehoben	5426		5582	264	5250	249	5400	101
gesenkt	5492	66	5318	247	5499	258	5299	113
gehoben	5403	89	5565	240	5241	194	5412	133
gesenkt	5525	122	5325	225	5435	165	5279	166
gehoben	5378	147	5550	210	5270	160	5445	197
gesenkt	5545	167	5340	201	5430	155	5248	193
gehoben	5358	187	5541	186	5275	168	5441	191
gesenkt	5567	209	5355	167	5443	185	5250	190
gehoben	5340	227	5522	143	5258	172	5440	198
gesenkt	5583	243	5379	133	5430	160	5242	197
gehoben	5319	264	5512	121	5270	172	5439	189
gesenkt	5601	282	5391	98	5442	174	5250	185
gehoben	5296	305	5489	77	5268	152	5435	177
gesenkt	5621	325	5412	77	5420	148	5258	174
		326		77				
gesenkt	5295		5489	105	5272	151	5432	170
gehoben	5603	308	5384	120	5423	155	5262	144
gesenkt	5312	281	5504	136	5268	152	5416	134
gehoben	5580	268	5368	155	5420	145	5272	117
gesenkt	5328	252	5523	168	5275	133	5389	104
gehoben	5557	229	5355	183	5408	123	5285	110
gesenkt	5345	212	5538	197	5285	115	5395	95
gehoben	5540	205	5341	214	5390	90	5300	89
gesenkt	5367	173	5555	238	5300	92	5389	114
gehoben	5520	153	5317	261	5392	116	5275	120
gesenkt	5382	138	5578	272	5286	114	5395	125
gehoben	5498	116	5306	281	5400	110	5270	129
gesenkt	5402	96	5587	299	5290	101	5399	119
gehoben	5480	78	5288	302	5391	112	5280	140
		85		302				
gehoben	5395	105	5590	295	5270	126	5420	147
gesenkt	5500	119	5305	264	5405	120	5273	152
gehoben	5381	127	5569	240	5285	107	5425	175
gesenkt	5518	156	5329	231	5392	97	5250	163
gehoben	5362	176	5550	205	5295	120	5413	153
gesenkt	5538	193	5345	187	5415	127	5260	159
gehoben	5345	207	5532	177	5288	125	5419	168
gesenkt	5552	225	5355	164	5413	139	5251	194
gehoben	5327	257	5519	139	5274	156	5445	213
gesenkt	5584	284	5380	129	5430	170	5232	199
gehoben	5300	302	5509	124	5260	195	5431	190
gesenkt	5602	322	5385	100	5455	194	5241	189
gehoben	5280	338	5485	90	5261	169	5430	188
gesenkt	5618	312	5395		5420	129	5242	

Diese Zahlen zeigen nun so übereinstimmend und augenscheinlich als möglich, daß der Magnet nach $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{niederen} \\ \text{höheren} \end{smallmatrix} \right\}$ Scalentheilen getrieben wurde, wenn der Wismuthstab sich in der $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{oberen} \\ \text{unteren} \end{smallmatrix} \right\}$ Lage befand, daß also der $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{Südpol} \\ \text{Nordpol} \end{smallmatrix} \right\}$ des Magneten *angezogen* wurde, wenn sich zwischen seinen Schenkeln dasjenige Ende des Wismuthstabes befand, welches dem $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{Südpol} \\ \text{Nordpol} \end{smallmatrix} \right\}$ der Spirale zunächst lag. Die Schwingungsweite wird nämlich immer größer in der ersten, dritten und fünften der sechs Versuchsabtheilungen, in welchen der Wismuthstab $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{gesenkt} \\ \text{gehoben} \end{smallmatrix} \right\}$ wurde bei der Bewegung des Magneten zu $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{höheren} \\ \text{niederen} \end{smallmatrix} \right\}$ Scalentheilen; dagegen nehmen die Schwingungsweiten stetig ab innerhalb der zweiten, vierten und sechsten Versuchsabtheilung, in denen die umgekehrte Bewegung statthat.

Wurde dagegen ein dünner *Eisendraht* statt des Wismuthstabes innerhalb der Spirale auf- und abbewegt, so brachte er stets die entgegengesetzte Ablenkung des Magneten hervor und zwar wurde letzterer nach $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{höheren} \\ \text{niederen} \end{smallmatrix} \right\}$ Scalentheilen getrieben, wenn der Eisendraht sich in der $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{oberen} \\ \text{unteren} \end{smallmatrix} \right\}$ Lage befand.

8. Durch diese Versuche werden also die Beobachtungen Weber's vollkommen bestätigt. Dagegen aber bin ich außer Stande einzusehen, wie das Resultat aus den Versuchen der HH. Hankel und Leyser möglich wurde, welches in Poggendorff's Annalen Bd. 87, S. 170 bis 172 mitgetheilt ist. Nach denselben soll sich *chemisch-reines* Wismuth, welches *nicht* von einem galvanischen Strome umflossen wird, zwischen den Polen eines horizontal-schwebenden Hufeisenmagneten verhalten wie ein Magnet, so zwar, daß das dem Boden zugewandte Ende einen bestimmten Pol des beweglichen Hufeisenmagneten anzieht, das abgewandte Ende denselben Pol zurückstößt; die Dif-

ferenz der Magnetstände in beiden Fällen beträgt 5 bis 7,5 der dortigen Scalentheile. Ist aber der Wismuthstab, wie in unserem Falle durch eine galvanische Spirale erregt, dann soll derselbe seine Polarität, nicht bloß während der Bewegung innerhalb der Spirale, sondern auch *während er gehoben oder gesenkt ist*, umkehren, und jetzt eine Differenz der Magnetstände von 8,9 bis 9,4 Scalentheilen im umgekehrten Sinne zeigen. Es ist zu bedauern, daß die Stromesrichtung in der Spirale, oder die Art der Polarität des Wismuthstabes oder des zur Probe benutzten Eisenstabes, oder die Lage der höheren und niederen Scalentheile gegen den Beobachter nicht angegeben ist: der Umstand, daß „das angewandte Wismuthstück *ohne Strom* wie ein Eisendraht wirkt“, vom Strom umflossen aber die entgegengesetzte Wirkung hervorbringt, kann über die Richtung der Polaritäten in beiden Fällen keinen Aufschluß geben. Verhielt sich vielleicht der Wismuthstab wie ein permanenter Magnet? Ohne Strom wurde er nur in einer Lage geprüft, nicht aber nachdem sein oberes Ende nach unten gekehrt worden. Oder hatte der Erdmagnetismus auf das Wismuth einen Einfluß wie auf das weiche Eisen geäußert? Die beiden einzigen füglich erlaubten Conjecturen über dieses jedenfalls höchst merkwürdige Resultat sind durch die Bemerkungen abgeschnitten: „Das Wismuth war chemisch rein, und so aufgehängt, daß es an einem Faden auf- und abgezogen werden konnte, ohne daß der Magnet im geringsten erschüttert wird“.

Ich habe mich bemüht mit meinem Wismuthstabe eine Ablenkung des Magneten hervorzubringen, wenn sich derselbe in der unthätigen und ungeschlossenen Spirale auf- und abwärts bewegte, doch blieben alle Versuche ohne allen Erfolg.

9. Waren nun auch meine Versuche vollkommen übereinstimmend mit denen des Hrn. Weber, so ist es eine andere Frage, ob diese Versuche berechtigt seyen, einen Nachweis über das Wesen des Diamagnetismus zu führen. Es sind besonders zwei Bedenken gegen diese Berechtigung,

welche mich veranlaßten, eine beträchtliche Anzahl verschiedener Versuchsreihen auszuführen.

Erstens weist Hr. Weber an mehreren Orten der citirten Abhandlungen darauf hin, daß an verschiedenen Stellen im Innern einer cylindrischen galvanischen Spirale nur »nahe gleiche elektromagnetische Scheidekräfte wirken«¹⁾ und daß sonach ein Wismuthstab in einer solchen Spirale »innerhalb gewisser Gränzen verschoben werden kann, ohne daß diese Kräfte sich merklich ändern«. »Beträgt« nämlich »der Durchmesser z. B. den 40sten Theil der Länge, so ist in mehr als $\frac{1}{4}$ des ganzen von der Spirale umschlossenen Raumes die elektromagnetische Scheidekraft bis auf 1 Procent constant, und in fast $\frac{3}{4}$ dieses Raumes ist sie bis auf $\frac{1}{10}$ Procent constant«. Dem hier angegebenen Verhältnisse ist aber weder bei den Versuchen des Hrn. Weber noch bei den von mir ausgeführten nachgekommen, denn bei ersteren verhält sich der Durchmesser der Spirale zu deren Länge wie 1:11,2, bei letzteren wie 1:12,7. Und demgemäß müssen die in denselben obwaltenden Scheidekräfte noch weit größeren Aenderungen unterworfen seyn, als den angeführten. Ist aber dieses der Fall, dann kann bei der Bewegung eines Leiters für galvanische Ströme innerhalb einer solchen Spirale unmöglich die Volta-Induction²⁾ »ganz beseitigt« worden seyn.

Zweitens aber kommt es, wenn man über die Richtung der Polarität der kleinsten Theilchen das Wismuth entscheiden will, nicht darauf an, daß das Wismuth durch eine galvanische Spirale erregt werde, sondern es kommt darauf an, daß die erregende Kraft stärker auf die Mitte der Längsausdehnung eines wismuthmagnetischen Körpers wirke, als auf dessen Ende. Dieser Bedingung ist aber in den Versuchen des Hrn. Weber nicht genügt. Der Wismuthstab bewegt sich innerhalb einer Spirale von doppelter Länge auf und ab, und seine Polarität wird an den

1) Maafbestimmungen S. 493 u. 548. Poggendorff's Annalen Bd. 87, S. 153.

2) Maafbestimmungen S. 535 u. 511.

resp. Enden seiner Bahn geprüft. Ist nun z. B. der Stab in die untere Lage gebracht, so befindet sich sein oberes Ende in der Mitte der erregenden Spirale. In der Mitte hat aber die erregende Kraft derselben einen Maximumwerth ¹⁾, folglich wird der Stab von seinem oberen Ende her stärker erregt, als von seiner Mitte. Ebenso wird der Stab von seinem unteren Ende her stärker erregt, als von der Mitte, wenn er in die obere Lage gebracht ist.

10. Zur Prüfung des ersten der hier angeführten Argumente stellte ich folgende Ueberlegungen an. Um den Versuch von der Wirkung der Inductionsströme auf den beweglichen Magneten zu befreien, stehen namentlich zwei Wege offen: entweder es werden die Inductionsströme so geregelt, daß sie gegenseitig ihre Wirkung auf den Magneten vernichten, und dieses kann im vorliegenden Falle dadurch geschehen, daß man statt eines massiven Wismuthcylinders ein Bündel von sehr dünnen mit Seide umspunnenen Wismuthcylindern in der Spirale auf- und abbewegt. Oder die Inductionsströme werden ganz und gar vermieden, was geschieht, wenn man statt eines diamagnetischen *Leiters* einen diamagnetischen *Isolator* für galvanische Ströme dem Versuch unterwirft. Die erste dieser Proben mußte ich einstweilen aufgeben, weil es mir trotz aller Bemühungen unmöglich wurde, aus chemisch-reinem Wismuth hinreichend dünne Cylinder von der Länge des benutzten stärkeren zu gießen. Und diese Länge mußten sie wenigstens annähernd haben, wenn die zu erwartenden Resultate mit den durch den massiven Cylinder gewonnenen verglichen werden sollten. Es blieb also nur übrig, mich auf die zweite Probe zu beschränken.

11. Versuch 9. Ein dem hiesigen physikalischen Cabinet gehöriges regelmäßig dreiseitiges Prisma von sehr reinem Faraday'schem schwerem Glase aus der Werkstatt des Hrn. Dubosq-Soleil in Paris ist 98^{mm} lang (die Wismuthcylinder, mit welchen Hr. Weber die ursprünglichen Versuche ausführte, sind 92^{mm} lang) und hält 28^{mm}

1) Maassbestimmungen S. 547.

in Seite. Dasselbe wurde mittelst Seidenfäden innerhalb der thätigen galvanischen Spirale analog dem Wismuthcylinder des ersten Versuches bewegt. Wie aber auch diese Bewegungen abgeändert werden mochten, es war nicht möglich, weder die Schwingungen des Magneten zu mindern, noch den ruhenden Magneten in Schwingungen zu versetzen. Der Strom in der Spirale war so stark, daß ein Stückchen dünnster eiserner Klaviersaitendraht von der Länge des Glasprismas den Magneten beim Heben zu den höchsten Scalentheilen (1600) und beim Senken zu den niedersten (337) trieb. Ein Wismuthstab von gleicher Länge und nur 5^{mm} Durchmesser brachte durch abwechselndes Heben und Senken eine entgegengesetzte wiewohl sehr geringe Ablenkung hervor, als der Eisendraht. Durch 31 Hebungen und ebenso viele Senkungen war es möglich eine Schwingungsweite des Magneten von 15 Scalentheilen auf 0 herabzudrücken. Bei derselben Stromstärke vermochte der Wismuthcylinder des ersten Versuches mittelst 10 Bewegungen einen Ausschlag von 20 Scalentheilen zur Ruhelage herabzubringen.

12. Versuch 10. Statt des Wismuthcylinders vom ersten Versuch wurde ein Cylinder von reinem weißem Wachs in der Spirale bewegt und mit ihm die oben für den Wismuthcylinder durchgeführte Versuchsreihe wiederholt. Eine Probe dieses Wachses verhielt sich zwischen den Polen eines Elektromagneten vollkommen diamagnetisch. Der Wachscylinder war 147^{mm}, also fast genau so lang als der Wismuthcylinder, er hatte aber 29^{mm} Durchmesser und wog 155^g,3. Jedesmal, wenn eine Versuchsreihe für den Wismuthcylinder durchgeföhrt war, wurde der Wachscylinder eingehangen, und mit ihm ein analoger Versuch angestellt. Alle diese Reihen sagen dasselbe aus. Es ist oben No. 7 die der ersten Versuchsreihe entsprechende mitgetheilt unter der Ueberschrift »6. Versuch mit dem Wachscylinder«. Ueber die Anordnung dieser Tabelle und die Anordnung des Versuches gilt dasselbe, was No. 7 über die Tabelle »a. Versuche mit dem Wismuthcylinder«

gesagt wurde. Von jenem regelmäßigen Wachsen und Abnehmen der Schwingungsbögen unter Einfluss des Wismuthcylinders ist nichts wieder vorzufinden in der Versuchsreihe mit dem Wachscylinder.

13. Diese Versuche mögen einstweilen genügen, um zu zeigen, dass diamagnetische Substanzen, welche in einer galvanischen Spirale auf- und abbewegt werden, keine Ablenkung eines benachbarten Magneten hervorbringen, wenn sie nicht zugleich Leiter für galvanische Ströme sind, und wenn somit die Ströme der Volta-Induction nicht zu Stande kommen können. Beruhte aber das Wesen des Diamagnetismus in inducirten Molecularströmen, so müsste auch beim Wachs die analoge Erscheinung eintreten, die wir beim Wismuth beobachteten. Diese Versuche lassen sich leicht erweitern, wenn man Schwefel, trockenes Holz, Schellack und andere Isolatoren den angegebenen Bedingungen unterwerfen wollte. Leider nöthigten mich Gründe von rein örtlicher Natur die Untersuchung zu beschleunigen.

14. Finde ich mich nun genöthigt, die in No. 7 beobachtete anormale Polarität des Wismuth als eine scheinbare anzusehen, und die Ursache der Erscheinung in gewöhnlichen Inductionsströmen suchen zu müssen, so frage ich weiter: wie wird sich der bewegliche Hufeisenmagnet verhalten, wenn ihm die wismuthmagnetische Substanz unter Einfluss des galvanischen Stromes nicht während eines beständigen Auf- und Abbewegens, sondern im Zustand der Ruhe dargeboten wird? Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich eine Anzahl von Versuchsreihen in folgender Weise an.

15. Versuch 11. Die im achten Versuch No. 7 angeführte Beobachtungsmethode wurde dahin abgeändert, dass nicht, wie es dort geschah, der Wismuthstab bei jeder Schwankung des Magneten gehoben oder gesenkt wurde, sondern dass derselbe während 20 einfacher Schwingungen des Magneten in der oberen Lage, während der nächsten 20 Schwingungen in der unteren, dann wieder ebenso lange in der oberen Lage u. s. f. verblieb. Die Beobachtungen

wurden ohne Pausen für die ganze Reihe fortgesetzt. Für jede Schwingung wurden die äußersten Werthe aufgezeichnet, und das Mittel und die Differenz von je zwei nacheinander beobachteten Zahlen berechnet, sowie das Mittel aus jeden 20 für die obere oder untere Lage erhaltenen Zahlen. Die berechneten Mittel je zweier unmittelbar nacheinander beobachteten Zahlen sind der Ausdruck für die Gleichgewichtslage des Magneten während der entsprechenden Oscillation; die berechneten Differenzen dagegen bezeichnen die zugehörigen Schwingungsweiten. Diese beiden Zahlenreihen sagten aber weiter nichts aus, als was schon der erste Versuch lehrt. Im Moment, wo der Wismuthstab $\left\{ \begin{array}{l} \text{gehoben} \\ \text{gesenkt} \end{array} \right\}$ wurde, rückt nämlich die Gleichgewichtslage des Magneten auf $\left\{ \begin{array}{l} \text{niedere} \\ \text{höhere} \end{array} \right\}$ Scalentheile; da aber dieser Wechsel in der Länge des Stabes nur vorgenommen wurde, wenn der Magnet von höheren zu niederen Scalentheilen schwang, so wurde demgemäß beim $\left\{ \begin{array}{l} \text{Heben} \\ \text{Senken} \end{array} \right\}$ die Schwingungsweite plötzlich $\left\{ \begin{array}{l} \text{vergrößert} \\ \text{verkleinert} \end{array} \right\}$. Diese Erscheinungen traten aber nur ein im Moment des Hebens und Senkens, und würden entgegengesetzt gerichtet gewesen seyn, wenn statt des Wismuths ein Eisenstab substituiert worden wäre. Dagegen war weder in den Zahlen für Gleichgewichtslage und Schwingungsweite während des ruhenden Wismuthstabes, noch in der graphischen Darstellung derselben irgend eine besondere Regelmäßigkeit zu entdecken. Ich halte es daher für überflüssig, dieselben mitzutheilen.

Wichtiger dagegen sind diejenigen Mittelzahlen, welche aus jeden zwanzig Beobachtungen für die ganze Zeit der oberen respective unteren Lage des Wismuthstabes berechnet wurden. In der folgenden Tabelle mögen diese Zahlen aus der ausgedehntesten der überhaupt ausgeführten Versuchsreihen zusammengestellt werden. In der ersten Columnne ist die Lage des Wismuthstabes mit den Worten »gehoben, gesenkt« bezeichnet, und die zweite Columnne

enthält die mittlere Gleichgewichtslage des Magneten während dieser Stellungen des Wismuthstabes, berechnet aus je 20 beobachteten Ausschlägen des Magneten.

Der Cylinder war	Versuche			
	mit dem Wismuthcylinder.		mit dem Wachscylinder.	
	Stand des Magneten.		Stand des Magneten.	
	Mittel aus 20 Beob- achtungen.	Mittel aus den letzten 10 Beobach- tungen.	Mittel aus 20 Beob- achtungen.	Mittel aus den letzten 10 Beobach- tungen.
gehoben	507,140	507,25	496,372	496,38
gesenkt	507,565	508,06	495,800 *	496,07 *
gehoben	505,545	505,54	496,240 *	495,92
gesenkt	506,030	505,37 *	496,175 *	495,37 *
gehoben	505,045	505,11	495,415	494,93
gesenkt	505,115	505,84	495,810	495,11
gehoben	504,705	504,57	495,530	495,60 *
gesenkt	504,720	504,19 *	494,675 *	495,21 *
gehoben	504,195	504,17	494,230	494,94
gesenkt	505,685	505,43	494,750	494,82 *
gehoben	504,510	504,73	494,395	494,68
gesenkt	504,585	504,55 *	494,030 *	493,53 *

Würden wir keine weiteren Folgerungen aus den beobachteten Zahlen machen, als die in der zweiten Columnne dargestellten, so würden wir allerdings zu dem Schluss berechtigt seyn, daß ein Wismuthstab, auch während er sich innerhalb einer galvanischen Spirale von mehr als doppelter Länge in *Ruhe* befindet, die entgegengesetzte Polarität eines Eisenstabes annimmt. Denn denken wir uns vom Fernrohr nach der Spirale sehend, so ist der Nordpol derselben oben, der Nordpol des Magneten links und die höheren Scalentheile ebenfalls links. Ein in der Spirale { gehobener
gesenkter } Eisenstab würde demgemäß dem Magneten zunächst einen { Südpol } haben, sonach den { Nordpol } des Magneten anziehen und somit würde der mit ihm verbundene Spiegel das Bild von { höheren
niederen } Scalentheilen dem Fernrohre zuführen. Hier finden wir aber das Gegentheil:

dem { gehobenen } Wismuthstab entsprechen { niedere } Sca-
 { gesenkten } { höhere } lentheile. Doch kam ich auf die Vermuthung, es möchte, wenn auch nur ein großer Theil dieser Differenzen, auf diejenigen Störungen zu schieben seyn, welche durch die Inductionsströme beim Act des Hebens oder Senkens im mittleren Stande des Magneten hervorgebracht werden. Zu dem Ende berechnete ich die in der dritten Columnne verzeichneten Mittel aus bloß den letzten 10 Beobachtungen während der resp. Lagen des Wismuths in der galvanischen Spirale. Es zeigte sich, daß die mit einem (*) versehenen 3 Zahlen sich nicht mehr jener Regelmäßigkeit im Steigen und Fallen unterwerfen, und es wird mindestens höchst zweifelhaft, ob sich unter den angegebenen Bedingungen im Wismuth eine Polarität mit Sicherheit auch dann noch nachweisen lasse, wenn es innerhalb einer solchen galvanischen Spirale nicht in Bewegung, sondern wenn es in Ruhe ist. Wenigstens würde es ungleich umfangreicher und kräftiger Apparate bedürfen, um einen solchen Nachweis zu führen.

16. Versuch 12. War eine der soeben beschriebenen Versuchsreihen beendet, so wurde der Wismuthcylinder mit dem schon früher gebrauchten Wachscylinder vertauscht und nun die Versuchsreihe unter sonst denselben Bedingungen wiederholt. In der vorigen Tabelle ist unter der Ueberschrift »Versuche mit dem Wachscylinder« die der soeben beschriebenen Versuchsreihe entsprechende in ihren Resultaten angefügt. Auch hier sind die ursprünglich beobachteten Zahlen, sowie die darauf berechneten mittleren Magnetstände und Weiten der einzelnen Schwingungen unterdrückt. Was dieselben betrifft, so war, wie schon der dritte Versuch aussagt, eine regelmäßige Abnahme oder Zunahme im Moment des Hebens und Senkens nicht zu bemerken. Dagegen sind in der vierten Columnne der vorigen Tabelle die Mittel aus je 20, sowie in der fünften die Mittel aus bloß den letzten 10 Beobachtungen angegeben. Die Ausnahmen von der mehrfach erörterten, »dia-

magnetischen „Regel“ sind ebenfalls mit einem (*) bezeichnet. Und hatte auch der Wachscylinder nur den fünften Theil der Masse vom Wismuthcylinder, so dürften doch diese Ausnahmen in sonst so gut miteinander stimmenden Zahlen sich nicht derart häufen, als es hier geschehen ist. Diese Ausnahmen unterstützen den Ausspruch der vorigen Nummer, *sie machen die Regel selbst zweifelhaft.*

17. Aber gesetzt auch, ein Cylinder aus wismuthmagnetischer Substanz erhalte die entgegengesetzte Polarität eines Cylinders aus eisenmagnetischer Substanz, wenn er sich in der unteren oder oberen Hälfte einer galvanischen Spirale von mehr als doppelter Länge in Ruhe befindet; so ist damit noch nicht nachgewiesen, daß er diese umgekehrte Polarität erhalte, wenn er in der Mitte seiner Längsausdehnung stärker erregt wird als an den Enden. Und das war es ja gerade, worauf es mir in den früher aufgestellten Ansichten über diamagnetische Wirkungsweise ankam. Ich hatte (Poggendorff's Annalen Bd. 82, S. 90 ff.) einen Versuch angeführt, der meine Ansichten bestätigte. Die Gültigkeit desselben wurde aber von Hrn. Weber (Maßbestimmungen 536) in Zweifel gezogen. Die gegen dieselbe angeführten Gründe haben mich so sehr überzeugt, daß ich es nicht mehr der Mühe werth hielt, meinen eigenen Versuch zu wiederholen. Dagegen aber benutzte ich die klassische Beobachtungsmethode Weber's, um die bisher durchgeführten Versuche so weit abzuändern bis sie meinen Zwecken genügten.

18. Versuch 13. Ein hohler Cylinder, aus 2 Lagen Pappe bestehend, wurde mit drei Lagen Flanell und hierauf noch mit mehreren Lagen Papier überklebt. Derselbe NS — Taf. III, Fig. 4 — hatte bei 24^{mm},5 innerem Durchmesser einen äußeren Durchmesser von 41^{mm} erhalten und war 440^{mm} hoch. Ueber den mittleren Theil desselben wurden 1^{kg},87 mit Seide übersponnener und gefirnister Kupferdraht gewunden. Der Draht war in 11 Lagen vertheilt und diese enthielten, um die magnetische Scheidungs-

kraft möglichst in der Mitte zusammenzudrängen, bezüglich $117 + 105 + 101 + 95 + 89 + 82 + 74 + 66 + 57 + 44 + 33 = 863$ Windungen. Die unterste Lage hatte eine Höhe von 190^{mm} und jede Lage war von der nächsten durch zwei Schichten gefirnifster Seide getrennt. Innerhalb der Papprolle hing der schon mehrfach gebrauchte Wismuthcylinder an einem Seidenfaden von der Decke des Zimmers herab, und konnte ohne anzustofsen in beliebig großen Intervallen aus der Entfernung auf- und abgezogen werden. Vor dieser Spirale hing, ebenfalls von der Decke des Zimmers herab, eine Latte an einem Bündel umgedrehter Seidenfäden, welche außer dem Spiegel P ein astatisches System von zwei Magnetstäben (212^{mm} lang und 26^{mm} in Seite) $N_1 S_1$ und $S_2 N_2$ trug. Und zwar war, wie es die Figur andeutet, der obere Magnetstab $N_1 S_1$ auf der rechten Seite, der untere auf der linken Seite der Latte angeschraubt, so daß ihre Pole S_1 und N_2 gerade über und unter den Polen der Spirale, jedoch auf verschiedenen Seiten derselben schwebten, und noch Raum genug zu horizontalen Oscillationen des astatischen Systemes übrig blieb. Die Spiegelfläche P warf in bekannter Weise das Bild einer $2^{\text{mr}},5$ entfernten in Millimeter getheilten Scale in ein über derselben stehendes Fernrohr. Die höheren Scalentheile befanden sich zur Linken des durch das Fernrohr sehenden Beobachters. Wie in der vierten Versuchsreihe wurde auch hier der Wismuthstab innerhalb der Spirale so weit gehoben, bis sein unteres Ende genugsam aus dem Bereich des Poles N_2 entfernt war, und für 20 einfache Schwingungen abwechselnd der niederste und höchste Stand im Fernrohr beobachtet. Dasselbe geschah für die folgenden 20 Schwingungen, nachdem der Stab gesenkt worden war, bis sein oberes Ende aus dem Bereich des Poles S_1 kam u. s. f. Aus jeden 20 nacheinander beobachteten Zahlen wurde das Mittel genommen, und demnächst wurde das Mittel berechnet aus den für die obere Lage des Wismuthstabes erhaltenen Mittelzahlen, sowie das Mittel aus den Zahlen für die untere Lage. In der folgenden Tabelle mögen

mögen die so gefundenen Werthe von 4 Versuchsreihen aufgeführt werden.

Anzahl der Hebungen des Wismuth.	Mittel aus allen in der obern Lage beobachteten Zahlen.	Anzahl der Senkungen des Wismuth.	Mittel aus allen in der untern Lage beobachteten Zahlen.
9	555,300	8	554,590
9	492,997	8	492,244
10	502,115	9	502,011
12	547,740	11	548,410

Drei dieser vier Reihen zeigen, dafs die Zahlen der mittleren Stände des Magnetsystemes für den gehobenen Wismuthstab gröfser sind, als für den gesenkten Stab. Und so mufste es der Fall seyn, wenn das Wismuth innerhalb der galvanischen Spirale eine *gleichgerichtete* Polarität annimmt wie das Eisen. Die letzte Reihe jedoch zeigt eine gröfsere Zahl für den gesenkten Stab als für den gehobenen, und da ich den Grund dieser Abweichung nicht zu ermitteln vermag, scheue ich mich nicht, sie den übrigen Reihen gegenüber zu stellen. Ueberdies sind die Zahlenunterschiede zu klein, als dafs ich mich hätte mit diesen Versuchen begnügen sollen. Die Nachtheile des Apparates mufsten mir bald einleuchten. Sie bestanden namentlich darin, dafs der Wismuthstab nicht weit genug aus dem Bereich des einen Magneten entfernt werden konnte, wenn er auf den andern wirken und dabei immer an seinen Enden schwächer erregt werden sollte, als zwischen denselben. Ich stellte deshalb nur wenige Versuchsreihen mit diesem Apparat an und nahm aus den Beobachtungen einzig die Versicherung, dafs eine *normale Polarität des Wismuths nachweisbar seyn könnte*.

19. Versuch 14. Der Spiegel, die Bewegung des Wismuthcylinders und das astatische Magnetsystem hatten sich bewährt, wenngleich es vortheilhaft erschien, die schweren Magnetstäbe mit leichteren zu vertauschen. Dagegen aber wurde es nothwendig, statt einer einzigen galvanischen Spirale deren zwei von entgegengesetzten Seiten her auf

das astatische System wirken zu lassen, so zwar, daß beide allein sich gegenseitig compensiren, daß aber das Magnet-system zu Gunsten (oder zum Nachtheil) der einen von beiden ausschlägt, wenn dieselbe mit Wismuth gefüllt wird. Demgemäß stellte ich auf einen Holzkasten *QR* (Taf. III Fig. 5) zwei galvanische Spiralen *NS* und *N₁S₁* auf, so daß ihre Axen vertical standen und etwa 248^{mm} von einander entfernt waren. Diese Spiralen waren auf hohle Holzcyylinder von geringer Wanddicke aufgewunden und wurden durch quadratische Holzplatten zusammengehalten, die eine Axenlänge von 108^{mm} zuliefen. Die Spiralen waren aus gefirnissetem und mit Seide umsponnenem Kupferdraht dargestellt, hatten einen inneren Durchmesser = 42^{mm} und einen äußeren = 92^{mm} und bestanden jede aus 597½ Windungen, welche in je 11 mit gefirnisseter Seide getrennten Lagen vertheilt waren. In der Spirale *NS* sollte der schon mehrfach benutzte Wismuthstab *W* magnetisirt und entmagnetisirt und zu dem Ende gehoben und gesenkt werden. Um die Wärmeleitung möglichst zu mindern, wurde sie mit einem Hohlcyylinder *AB* von zwei Lagen Pappe und drei Lagen Flanell ausgefüllt, der gerade in den hohlen Holzcyylinder der Spirale paßte, und den inneren Raum bis auf 24^{mm},5 Durchmesser verengte. Die Länge dieses Cylinders betrug 440^{mm} und er ragte über der Spirale so weit hervor, daß er den Wismuthcyylinder in dessen oberer Lage noch gerade überdeckte; unter der Spirale war er durch eine Oeffnung im Deckel *QR* des Kastens gesteckt, sicherte so die Stellung der Spirale *NS*, diente als Führung für den Wismuthstab und schützte denselben wenigstens etwas gegen Abkühlung, wenn er in dem Bereich der Spirale erwärmt und demnächst in die untere Lage gebracht worden war. Mitten zwischen beiden Spiralen schwebte das astatische Magnet-system, bestehend aus zwei Stäben *N₂S₂* und *N₃S₃* von 100^{mm} Länge und 6^{mm} Durchmesser. Dieselben waren durch einen Streifen dicker Pappe gesteckt, und zwischen ihnen war auf demselben Streifen der Spiegel *P* befestigt. Dieses astatische System hing an einem doppelten Coconfaden von

einen
die S
Zim
der M
Ein
Thät
mäfs
bewe
bind
stan
Spie
übrig
Mag
lich
zur
des
zu v
Spie
geld
2m
selbe
befa
acht
je 8
beid
eine
Ver
Spie
auch
tel-
geri
Abk
mut
lung
leitu
äufs
Her

einem Dreifuß herab, während die Rolle, um welche sich die Schnur des Wismuthstabes bewegte, an die Decke des Zimmers geschraubt war. Die Polaritäten der Spiralen und der Magnete sind durch die Buchstaben *N* und *S* bezeichnet. Ein Blick auf die Figur lehrt, daß, wenn die Spiralen in Thätigkeit versetzt werden, alle vier Pole derselben gleichmäßig auf die Pole der Magnete derart wirken, daß das bewegliche System sich von *P* abwärts, senkrecht zur Verbindungslinie beider Spiralen bewegt. Um diesen Uebelstand möglichst zu beseitigen, wurde ein sehr schwerer Spiegel *P* angewandt, er wog nämlich mit Einschluss des übrigen bloß hemmenden Antheiles $243^{\text{r}},2$, während beide Magnete ein Gewicht $= 47^{\text{r}},8$ hatten. So wurde es möglich durch kleine Verrückungen der Spirale *N*, *S*, senkrecht zur Verbindungslinie beider Spiralen die Schwingungsdauer des astatischen Systemes willkürlich zu vergrößern und zu verkleinern, und durch Verrückung in dieser Linie dem Spiegel *P* eine willkürliche Richtung zu geben. Der Spiegelfläche *P* gegenüber war in der Horizontalentfernung von $2^{\text{mtr}},297$ die in Millimeter getheilte Scale und über derselben das Fernrohr aufgestellt. Die größeren Scalentheile befanden sich links von dem am Fernrohr stehenden Beobachter. Der Strom von sechs Grove'schen Elementen mit je 80 Quadratcentm. Platinblech ging nacheinander durch beide Spiralen. Die Constanz des Stromes wurde durch eine eingeschaltete Tangentenbussole erprobt. Bei einigen Versuchen überzeugte ich mich, daß die mittlere Lage des Spiegels keine störende Aenderung erlitten hatte, wenn auch die Nadel der Tangentenbussole um mehrere Zehntel-Grade zurückgewichen war. Sonach konnte auch eine geringe Aenderung in der Stromstärke, welche durch die Abkühlung der Spirale *NS* in Folge des gehobenen Wismuthstabes veranlaßt wurde, keinen Einfluß auf die Stellung des Magnetsystemes ausüben, noch dazu die Wärmeleitung durch die angegebenen Vorsichtsmaßregeln auf äußerste vermindert worden war. Nachdem nun die durch Herstellung des Stromes entstandenen größeren Schwan-

kungen des Spiegels in geeigneter Weise gedämpft worden waren, wurde der Wismuthstab in der Spirale *NS* so hoch gehoben, daß er oben und unten gleich weit aus derselben hervorragte und demnächst wurden die äußersten Scalentheile für 20 einfache Oscillationen abgelesen. Hierauf wurde der Wismuthstab gesenkt, bis er sich weit außerhalb der Spirale befand und abermals die Ablesung für 20 einfache Oscillationen bewirkt; hierauf wurde der Stab wieder gehoben, gesenkt u. s. f. Bei einigen so angestellten Versuchsreihen wurden die Magnete in der Weise benutzt, wie es die Figur angiebt, bei anderen wurden sie mit kupfernen Dämpfern umgeben. Gewannen auch im letzteren Falle die beobachteten Zahlen an Gleichförmigkeit, so sagten die Resultate aus beiden Beobachtungsweisen und von allen Versuchsreihen einstimmig dasselbe aus, nämlich:

ein Wismuthstab nimmt zwar eine weit schwächere aber eine einem Eisenstab gleichgerichtete Polarität an, wenn er in der Mitte seiner Längsausdehnung eine stärkere magnetische Erregung erfährt, als an seinen Enden.

Zum Beweis des Gesagten mögen in der folgenden Tabelle die Resultate einer Beobachtungsreihe zusammengestellt werden. Der Stand der Tangentenbussole war $32^{\circ}5$.

	Der Wismuthstab war			
	gehoben.		gesenkt.	
	Mittel aus 20 Beobachtungen.	Mittel aus den letzten 10 Beobachtungen.	Mittel aus 20 Beobachtungen.	Mittel aus den letzten 10 Beobachtungen.
1.	377,830	372,05		
2.	372,425	382,08	378,390	379,26
3.	378,400	377,78	382,930	386,02
4.	385,105	362,80	385,080	386,07
5.	374,685	368,25	381,175	387,16
Mittel	373,689	372,59	381,894	382,38

Die erste Columnne enthält die Zahl der vollführten Hebungen des Wismuthstabes, die zweite das Mittel aus

den Beobachtungszahlen für je 20 einfache Oscillationen der Magnete, sowie die dritte das Mittel aus den letzten 10 beobachteten Zahlen für den *gehobenen* Stab. Ingleichen enthalten die vierte und fünfte Columnne die entsprechenden Mittel für die zwischen je 2 Hebungen stattgehabte Senkung des Stabes. In der untersten Horizontalreihe sind endlich die Mittel aus allen in jeder zugehörigen Verticalreihe stehenden Zahlen verzeichnet. Der Vergleich der Zahlen in der zweiten und vierten oder der dritten und fünften Verticalreihe zeigt, daß bei *gehobenem* Wismuthstab *kleinere* Zahlen beobachtet wurden, als bei *gesenktem*, ganz wie dieses bei einem eingebrachten Eisenstab der Fall war. Nur die zweite Zahl in der dritten Reihe macht eine (zwar nur scheinbare) Ausnahme ¹⁾. Der Grund davon war jedoch nicht zu ermitteln. Der Vergleich der Zahlen in der ersten mit denen in der zweiten Verticalreihe zeigt, daß (mit Ausnahme jener zweiten Zahl in der dritten Reihe) die während der aufwärtsgehenden Bewegung des Wismuthstabes stattgehabten Inductionsströme eine Vergrößerung der Mittelzahlen hervorbrachten. Ebenso wurde eine Verkleinerung dieser Zahlen bewirkt durch die beim Senken des Stabes entstandenen Ströme. Dasselbe tritt in den Mittelzahlen der untersten Horizontalreihe hervor. Dem entsprechend hat nun der Wismuthstab eine Verrückung

1) Hauptsächlich wegen dieser zweiten Zahl in der dritten Verticalreihe füge ich in Fig. 6 Taf. III eine graphische Darstellung der Ergebnisse dieser Tabelle hinzu. In derselben stellen die Ordinaten der Linien *AB*, *ab*, *CD* und *cd* die Zahlen resp. der zweiten, dritten, vierten und fünften Verticalreihe dar, während die Abscissen proportional den Zahlen der ersten Reihe sind. Durch diese Darstellung wird es augenscheinlich, daß die von dem Einfluß der Inductionstöße befreite Linie *ab* und *cd* im Allgemeinen außerhalb den Linien *AB* und *CD* liegen, welche die Wirkung der Inductionstöße noch mit enthalten. Ferner zeigt sich, daß trotz der genannten Zahl, doch die Linie *cd* noch gänzlich über und außerhalb der Linie *ab*, wie *CD* über *AB* liegt. Endlich wird der Einfluß des Wismuthstabes auch noch dadurch markirt, daß die unter denselben entstandenen Curven *AB* und *ab* eine viel unregelmäßigere Gestalt haben, als die ohne denselben entstandenen Curven *CD* und *cd*.

des Magnetsystemes bewirkt von $381,894 - 373,689 = 8,205$ Scalentheilen, wenn man das Mittel aus allen beobachteten Zahlen als maßgebend betrachten will.

Es ergibt sich aber eine Drehung der Magnete von $382,38 - 372,59 =$

9,79 Scalentheilen,

wenn man die von der Wirkung der Inductionsströme befreiten Mittel aus den jedesmaligen letzten Hälften der beobachteten Zahlen in Betracht zieht. Nach der Versuchreihe wurde statt des Wismuthstabes ein weicher Eisendraht von gleicher Länge und $0^{\text{r}},365$ Gewicht in der Spirale gehoben und gesenkt. Die für die obere Lage beobachtete Mittelzahl betrug 192,5, die für die untere Lage beobachtete Mittelzahl 309,0. Der Eisendraht brachte also eine Drehung von

116,5 Scalentheilen

hervor, welche Zahl ein ungefähres Maafs für die Empfindlichkeit des Apparates, sowie im Vergleich mit 9,79 für die Menge des im Wismuth frei gewordenen Magnetismus abgeben mag. Ich spreche von einem *ungefähren* Maafs, denn ich bin weit entfernt diesen Untersuchungen, ausgeführt mit den rohsten Hilfsmitteln, *mehr* als einen beobachtenden Charakter beilegen zu wollen. Für messende Versuche scheue ich annoch Opfer und Mühe, da ich sie noch nicht für zeitgemäfs erachte. Als besonders schlagenden Beweis für meine Ansicht verdient aber nochmals hervorgehoben zu werden, *dafs die von den Inductionstößen befreiten Mittel aus den letzten 10 Einzelbeobachtungen eine Vergrößerung der normalen Polarität nachweisen, während die entsprechenden Mittel der 15. Nummer eine Verminderung der anormalen Polarität desselben Stabes anzeigen.*

20. Ausser jenen, mehr oder weniger indirecten Beweisen für die normale Polarität der kleinsten Theilchen in wismuthmagnetischen Körpern war mir noch ein directer Beweis äufserst wünschenswerth. Ich schlofs, wenn ein in einer galvanischen Spirale ruhender Wismuthstab einen

in seiner Nähe beweglich aufgehängenen Magneten abzu-
lenken im Stande ist, so muß auch umgekehrt ein in einer
galvanischen Spirale beweglich aufgehängener Wismuthstab
von einem in seiner Nachbarschaft in Ruhe befindlichen
Magneten abgelenkt werden. Zur Bestätigung verfuhr ich
folgendermaßen: Die Spirale der 18. Nummer (Fig. 6)
wurde (ohne das wollene Futter) horizontal, und in die-
selbe der vielfach benutzte Wismuthstab gelegt. Die her-
vorragenden Enden desselben wurden in Schlingen von
fußlangen Seidenschürren gehangen, welche von einem
ebenfalls horizontalen dünnen Holzstab herabreichten. Die-
ser letztere war mit einem verticalen Spiegel in fester Ver-
bindung und hing in seiner Mitte an einem Bündel roher
Seidenfäden von der Decke des Zimmers herab. Durch
willkürliche Verkürzung der Schnüre konnte der Wis-
muthstab gehoben und frei schwebend in der Axe der Spi-
rale erhalten werden. Rechts und links von der Spirale
wurden Stahl- oder Elektromagnete, mit ihren entgegen-
gesetzten Polen nach dem Wismuthstab sehend, aufgestellt,
und dieser wurde durch einen starken galvanischen Strom
magnetisirt. Die Ablenkung des Wismuthstabes und des
mit ihm verbundenen Spiegels beobachtete ich durch Fern-
rohr und Scale. War nun der Wismuthstab in der un-
thätigen Spirale zur Ruhe gekommen und wurde der Strom
durch die letztere gesandt, so gerieth der Stab in Bewegung
und behielt diese Bewegung nach rechts und links Stunden
lang bei, ohne auch nur eine Tendenz zu irgend einer
Ruhelage zu verrathen, mochte die Stromesrichtung und
die Lage, Zahl und Stärke der Magnete seyn, welche sie
wollten. Wie ich mich später überzeigte, leiteten die
anfänglichen Inductionsstöße diese Bewegung ein, und die
Ströme der in der Spirale erwärmten Luft unterhalten sie,
während die Magnete nicht stark genug waren, dem schwe-
ren Wismuthstab eine dauernde Richtung zu geben. Den-
noch aber leitete mich dieses unerwartete Resultat irre, so
daß mir erst im Laufe der mannigfaltigsten Abänderungen
des Versuches klar wurde, wie ich ja wesentlich nichts an-

deres bezweckte, als eine Darstellung des Versuches, welchen Hr. Poggendorff am 16. Dec. 1847 ¹⁾ der Akademie zu Berlin vorlegte, und welcher von Hrn. Tyndall wiederholt ²⁾ aber nicht ganz bestätigt gefunden wurde. Dieser Versuch besteht darin, daß zwischen den Polen eines Elektromagneten *N* und *S*, Taf. III. Fig. 7, eine galvanische Spirale $\nu\sigma$ mit ihrer Axe senkrecht zur Verbindungslinie der Pole aufgestellt, in dieselbe ein Stäbchen von Wismuth oder anderen Substanzen horizontal beweglich aufgehängt, und die Ablenkung beobachtet wurde, welche dasselbe durch die Spirale und die Magnetpole zugleich erfuhr. Unter denselben Umständen nun, unter denen Hr. Poggendorff eine Ablenkung nach der Richtung des Pfeiles *a* beobachtete, fand Hr. Tyndall gerade die entgegengesetzte Ablenkung, nämlich in der Richtung des Pfeiles *b*. Beide Forscher hatten den *Magnetpolen* die hauptsächlich erregende Wirkung zugewiesen, während der Spirale der untergeordnete Einfluß, nämlich die Ablenkung des schwebenden Stäbchens, übrig blieb. DemgemäÙ erklärte Hr. Poggendorff die beobachtete Richtung so, daß die Magnetpole in den nächsten Stellen des aequatorial gestellten Wismuthstäbchens gleichnamige Pole erregten, und die Spirale nach den bekannten Gesetzen eine Ablenkung des so entstandenen Transversalmagneten bewirke. Hr. Tyndall dagegen wandte die Faraday'sche Anschauung auf die von ihm beobachtete Ablenkung an, daß nämlich die wismuthmagnetischen Substanzen sich nach den Stellen der geringsten, die eisenmagnetischen aber nach den Stellen der größten Kraft im Magnetfelde bewegen. Nachdem es aber gelungen war, die normale Polarisirung des Wismuth durch die galvanische Spirale nachzuweisen, konnte mich weder die eine noch die andere Erklärungsweise befriedigen, und deshalb unternahm ich eine neue Untersuchung des fraglichen Gegenstandes.

1) Poggendorff's Annalen Bd. 73, S. 475.

2) *Philos. Mag. Ser. IV. Vol. II, p. 233* und Poggendorff's Annalen Bd. 87, S. 189.

21. *Versuch 15.* Es wurden 210^{mtr} mit Seide übersponnenen und lackirten Kupferdrahtes von etwa 1^{mm} Durchmesser und einschliesslich der Umspinnung von 1^{kg},3 Gewicht zu einer Spirale aufgewunden, die wesentlich aus 2 Theilen ν und σ bestand und von oben gesehen etwa der Darstellung in Taf. III Fig. 8 glich. Die Spule, auf welche der Draht gewunden, war 83^{mm} lang, hatte 40^{mm} inneren Durchmesser und die geringste Entfernung der beiden Spiralhälften betrug 20^{mm}. Die Einrichtung derselben war gerade diese, damit zugleich die Pole eines sehr grossen Elektromagneten *N* und *S* dem zwischen ihnen schwebenden Körper *w* möglichst angenähert werden, und zugleich die Spirale denselben möglichst stark erregen konnte. Um die Luftströmungen abzuhalten, wurde die Vorrichtung so gut es ging mit einem Glasgehäuse umgeben. In der Spirale $\nu\sigma$ wurden nun an einem durch eine oben befindliche Oeffnung gezogenen möglichst dünnen Coconfaden folgende Substanzen in horizontaler Ebene beweglich aufgehangen:

Weisses Wachs — ein Cylinder 85^{mm} lang, 22^{mm} Durchmesser und etwa 33^{gr},9 schwer.

Schwefel — ein Cylinder 107^{mm} lang, 15^{mm} Durchmesser, 38^{gr},5 schwer, aus Schwefelblumen gegossen

Knochen — ein Cylinder 88^{mm} lang, 6^{mm} Durchmesser, 5^{gr},3 schwer

Gewöhnliches reines Wismuth — 1) ein Cylinder 39^{mm} lang, 6^{mm} Durchmesser, 10^{gr},3 schwer — 2) ein Cylinder 100^{mm} lang, 5^{mm} Durchmesser, 20^{gr},7 schwer — 3) ein Bündel aus 12 Stäben, ähnlich dem vorigen, von denen jeder einzeln mit Seide umsponnen und dann alle zusammengebunden waren, 4) ein Cylinder 51^{mm} lang, 17^{mm} Durchmesser und 111^{gr},3 schwer — 5) eine Platte 59^{mm} lang, 31^{mm} breit, 7^{mm} dick und 122^{gr},5 schwer, deren kürzeste Dimension dem Aufhängefaden parallel war.

Neusilberdraht etwa 100^{mm} lang und 1^{mm} Durchmesser.

*Alle wurden nach der Richtung des Pfeiles *a* abgelenkt,*

wenn N und ν die Nordpole und S und σ die Südpole des Magneten und der Spirale waren, wenn also in den oberen Drähten der Spirale die Ströme die Richtung der Pfeile ν und σ hatten. Sie erfuhren aber die entgegengesetzte Ablenkung, wenn entweder die Polarität des Magneten oder die der Spirale die entgegengesetzte wurde. Ich benutzte 22 Grove-Poggendorff'sche Elemente zur Erregung von Magnet und Spirale, so zwar, daß ich an der Spirale ein zu einem Elemente säulenartig ordnete, am Magneten dagegen immer Doppelemente benutzte. Zuerst wurde demnach die Spirale durch eine Säule von (1 oder) 2 einfachen Elementen, der Magnet durch eine Säule von 10 Doppelementen erregt, und alle Substanzen geprüft; hierauf wurde vom Magneten ein Doppelement genommen und durch dasselbe der Strom in der Spirale verstärkt, so daß dieser jetzt durch 4 einfache Elemente erzeugt wurde, und abermals die ganze Reihe der Körper geprüft u. s. f. Ich konnte bei dieser Gelegenheit beobachten, daß die Körper immer stärker in der angegebenen Richtung a abgelenkt wurden, eine je stärkere Erregung die Spirale und eine je schwächere der Magnet erfuhr. Das magnetische Neusilber stellte sich allerdings vor Erregung der Spirale nicht in die aequatoriale Lage, sondern strebte, soweit es konnte, sich diagonal zur Hülse derselben gegen die Pole des Magneten zu lehnen. War aber z. B. sein vorderes Ende gegen den Nordpol N des Magneten gewendet und wurde die Spirale durch einen Strom von der Richtung des Pfeiles ν erregt, so bewegte sich das Neusilber aus dieser seiner Lage und kam erst wieder zur Ruhe, wenn sich sein vorderes Ende an den Südpol und das hintere an den Nordpol stützte. Es liegt nahe, aus diesen Versuchen zu schließen, daß bei der angegebenen Einrichtung das größte magnetische Moment nicht von den Magnetpolen, sondern vielmehr von der Spirale in den Körpern hervorgerufen wird. Mag nämlich auch immerhin die absolute Wirkung des Magneten eine kräfti-

gere seyn, als die der Spirale, so ist doch das Moment der durch den Magneten erregten Kraft ein geringeres, weil der zu prüfende Körper dem Einfluß des Magneten die kurze, dem Einfluß der Spirale hingegen die lange Abmessung darbietet. Wird aber die Einrichtung so getroffen, daß magnetische Körper (wie schwarzer Schiefer oder ein Eisenstäbchen in der 11. Nummer der Tyndall'schen Abhandlung) oder diamagnetische Körper, die sich mit der Längsausdehnung von Pol zu Pol stellen (wie ein senkrecht zur Hauptspaltungsrichtung geschnittenes Wismuthstäbchen in No. 6 und 8 derselben Abhandlung) sich ganz frei im Innern der Spirale bewegen können, und haben sich diese Körper zwischen den erregten Polen des Magneten eingestellt, dann wird die demnächst in Thätigkeit versetzte Spirale eine Ablenkung im Sinne des Pfeiles *b* hervorbringen, wenn der Strom in ihr die durch die Pfeile ν und σ angegebene Richtung einhält. Die Spirale bringt dann an dem magnetisirten Stäbchen dieselbe Ablenkung hervor, wie ein Galvanometerdraht an der Magnetnadel. Die nächstfolgenden Versuche haben mich von der Richtigkeit dieser Ansicht überzeugt, wenn ich auch leider nicht im Stande war, mir krystallisirtes Wismuth verschaffen zu können. Was aber die Angabe des Hrn. Tyndall (§. 12 der citirten Abhandlung) betrifft, in Folge deren gewöhnliches, sich in die Richtung der Spiralenaxe, also zu *N* und *S* aequatorial, einstellendes Wismuth ebenfalls die Ablenkung *b* erfahren soll, so habe ich mich vergebens bemüht dieses Resultat zu gewinnen. Namentlich glaubte ich durch eine sehr schwache Kraft der Spirale gegenüber einem besonders starken Magneten, oder durch den oben bezeichneten kurzen und dicken Wismuthcylinder, sowie durch die breite Wismuthplatte die Ablenkung *b* erzielen zu können, aber es ist mir in keiner Weise gelungen. Nur bisweilen entstand diese Ablenkung im Moment der Herstellung des Stromes in der Spirale, mußte aber den dabei hervortretenden Inductionsströmen

zugewiesen werden, indem sie nur momentan auftrat, und sogleich in die entgegengesetzte Ablenkung dauernd umschlug.

22. Mit dem in der 11. Nummer erwähnten Flintglasprisma, sowie mit einem Stück Glasröhre (97^{mm} lang und 11^{mm} Durchmesser) konnte ich keine Ablenkung erreichen. Wenn ich aber einen kleinen Cylinder von *chemisch reinem Zink* oder ein *Parallelepiped von Neusilber* (41^{mm} lang, 6^{mm} breit, 3^{mm} dick und etwa 5^r,8 schwer) oder ein Stück vom ordinärsten *braunen Siegelack* oder ein Stück *starken Platindraht* zwischen den Magnetpolen in der Spirale aufhing, erhielt ich stets die Ablenkung *b*, mochte das Verhältniß der Erregung von Magnet und Spirale seyn, welches es nur immer wollte. Zwischen den Magnetpolen allein stellten sich diese Substanzen alle axial. Um dieses ganz unerwartete Resultat zu ergründen, hing ich ein Stückchen weichen Eisendraht auf und fand, daß es entweder in die eine oder in die andere Hälfte der Spirale gezogen wurde, sobald der Strom sich durch dieselbe bewegte. Daraus ging hervor, daß der Ort, wo sich der Drehpunkt des aufgehängenen Körpers befand, eine Stelle labilen Gleichgewichtes gegenüber der Spiralwirkung war. Es konnte demnach möglicherweise die eigenthümliche zweitheilige Form der Spirale den Erklärungsgrund für die anomale Ablenkung abgeben, oder aber es konnte die Ursache in der beträchtlichen Menge von Magnetismus gefunden werden, welche in dem Magneten nach Unterbrechung des Stromes zurückblieb. Diese Vermuthungen bedingten zwei Abänderungen des Versuches.

23. *Versuch 16.* Waren bei der im achten Versuch benutzten Spirale die Windungen von der Mitte entfernt, so wurde jetzt eine Spirale construiert, deren Windungen umgekehrt sich besonders gegen die Mitte anhäuften. Im Durchschnitt und von oben gesehen glich dieselbe etwa der Taf. III Fig. 9. Auf eine Papprolle von 95^{mm} Länge, die an den Enden 37^{mm} inneren Durchmesser hatte und in der Mitte bis auf 19^{mm} inneren Durchmesser sich verengte, wur-

den 201^{mm} mit Seide übersponnenen und lackirten Kupferdrahtes, etwa 1^{kg},3 schwer, aufgewunden, so daß die Räume *p* und *q* damit erfüllt waren. In der Mitte war ein innen geglättetes Holzlöhrchen *c* eingelassen, durch welches der Faden der aufzuhängenden Substanzen gezogen werden konnte. Diese Spirale wurde wie die vorigen zwischen die beiden in der Figur durch punktirte Linien angedeuteten Halbanker *N* und *S* des großen Magneten gestellt. Die Pfeile *v*, *σ*, *a* und *b* haben dieselbe Bedeutung, wie in der vorigen Figur. Wurden die Versuche mit den in No. 21 und 23 aufgeführten Substanzen wiederholt (die bisweilen in ihrer Form soweit abgeändert werden mußten, bis sie sich in der Spirale frei bewegen konnten), so zeigte sich dasselbe Resultat, wie vorher. Die Substanzen der 21. Nummer wurden in der Richtung *a*, die der 23. Nummer in der Richtung *b* abgelenkt. Noch auffälliger wurde aber das Resultat dadurch, daß ein Stückchen weicher Eisendraht (41^{mm} lang, 3^{mm} Durchmesser, 2^{kg},2 schwer) ganz dieselbe Ablenkung erfuhr, wie Wismuth, Wachs, Schwefel u. s. w. Er wurde allerdings von den Polen auch des unthätigen Magneten stark angezogen und stellte sich innerhalb der Spirale diagonal, mit den Enden gegen die Wandungen derselben gelehnt, sprang aber sofort nach der Richtung *a* herum, sobald die Spirale nach Analogie der Figur erregt wurde, und er sich vorher zufällig mit dem vorderen Ende gegen *N*, mit dem hinteren gegen *S* gelehnt hatte. *Rein magnetische Substanzen verhielten sich also wie diamagnetische, während schwach magnetische Substanzen die entgegengesetzte Ablenkung der vorigen erfuhren.*

24. Versuch 17. Es blieb also nur noch übrig, den Grund in dem remanenten Magnetismus des Elektromagneten zu suchen. Der vorige Versuch wurde demgemäß dahin abgeändert, daß die beiden Halbanker *N* und *S* durch zwei gesonderte, kleinere mit den entgegengesetzten Polen einander zugewandte Elektromagnete substituirt wurden, bestehend aus zwei Eisenkernen von 165^{mm} Länge und 33^{mm} Durchmesser mit flachgeschliffenen Polen, und erregt

durch die in No. 19 beschriebenen Spiralen. Der in diesen Magneten zurückbleibende Magnetismus konnte vollständig vernachlässigt werden. Um die Versuche nicht unnöthig zu vervielfältigen, wurde die Spirale entweder mit 4 (entsprechend einer Ablenkung an der Tangentenbussole von $11\frac{3}{4}^{\circ}$) oder mit 10 Platinzinkelementen (entsprechend $25\frac{3}{4}^{\circ}$) erregt, und ebenso wurden die Elektromagnete durch 10 (entsprechend $42\frac{1}{2}^{\circ}$) oder durch 4 Elemente (entsprechend $22\frac{1}{2}^{\circ}$) in Thätigkeit versetzt. Es wurden nun abermals alle genannten Substanzen geprüft; die in der 21. Nummer aufgeführten bewahrten ihr dort beschriebenes Verhalten, namentlich wurde Wismuth stets in demselben Sinne abgelenkt, wie ein Eisenstäbchen. Von den in der 22. Nummer aufgeführten Substanzen zeigten aber jetzt

Zink, ein Stäbchen von 41^{mm} Länge, 5^{mm} Durchmesser und $6^{\text{gr}}, 18$ schwer, chemisch rein,

Neusilber, das dort benutzte Parallelepiped,

Platin, ein dreimal zusammengelegter Draht von 144^{mm}

Länge, 1^{mm} Durchmesser und $1^{\text{gr}}, 8$ Gewicht,

meistentheils dasselbe Verhalten, wie Wismuth und Eisen. Für *Zink* war die Ablenkung im Sinne *a* besonders deutlich, wenn die Spirale durch 10, die Magnete durch 4 Elemente erregt wurden. Waren an der Spirale 4, an den Magneten 10 Elemente thätig, dann trat die Ablenkung *a* erst ein, wenn vorher der *Strom der Magnete für einen Moment geöffnet war*. Dasselbe fand beim Platin statt. Dagegen aber bewahrte

Ordinäres braunes Siegelack (41^{mm} lang, 11^{mm} breit, 6^{mm}

dick und $3^{\text{gr}}, 6$ schwer, in welchem durch chemische

Untersuchung ein sehr beträchtlicher Gehalt an Eisen-oxyd nachgewiesen wurde) und eine

Neusilberplatte (39^{mm} lang, 13^{mm} breit, 2^{mm} dick und

$8^{\text{gr}}, 5$ schwer, deren kürzeste Abmessung dem Aufhängefaden und deren längste der Axe der Spirale parallel war)

noch immer die durch die Richtung des Pfeiles *b* angegebene Ablenkung. Doch bald zeigte sich, dafs dieses nur

der Fall war, wenn die Magnete früher in Thätigkeit versetzt wurden, als die Spirale. Wurde aber die Spirale zuerst erregt, und etwa nach $\frac{1}{2}$ Minute der Strom der Magnete geschlossen, dann zeigten auch diese Substanzen die Ablenkung *a*. Das Siegelack konnte sogar, wenn die Magnete nur einmal in Thätigkeit gewesen waren, durch die Spirale allein, oder aber durch die Magnete allein in der einmal thätig gewesenen Spirale willkürlich abgelenkt werden, je nachdem der Strom die eine oder andere Richtung erhielt. Hieraus geht aber hervor, daß

Substanzen wie Neusilber, Zink, Platin, Siegelack (das mit Eisenoxyd braun gefärbt ist) u. s. w., eine ähnliche und vielleicht noch größere Coërcitivkraft (d. i. ein Vermögen den einmal angenommenen Magnetismus zu bewahren) besitzen wie der Stahl; daß diese Coërcitivkraft nur einen Moment zu täuschen vermochte, daß aber diese genannten Körper durch Spirale und Magnete dieselbe normale Polarität erfahren, wie Wismuth und Eisen.

In Wahrheit verhielt sich ein in der thätigen Spirale bei unthätigen Magneten aufgehängener Transversalmagnet, dargestellt aus einer platten Feile von 6^{mm} Länge, 8^{mm} Breite und kaum $\frac{1}{2}$ ^{mm} Dicke ganz so wie das Siegelack oder das Neusilber. Da namentlich gemengte Substanzen diese eigenthümliche Coërcitivkraft zeigen, versuchte ich, ob dieselbe auch bei einer Platte von Rose'schem Metall nachzuweisen wäre. Doch verhielt sich dieselbe ganz so, nur schwächer, wie Wismuth.

25. Eine Analogie der hier dargestellten Erscheinungen bietet wohl das von Hrn. Plücker beobachtete Verhalten eines Cyanitkrystalles, der sich schon in Folge des Erdmagnetismus von Nord nach Süd stellte, aber zwischen den Magnetpolen seine permanente Polarität verlor¹⁾. Imgleichen verblieben Eisenglanzkrystalle von Elba²⁾, Augit und Zinnstein in jeder Lage zwischen den Magnetpolen,

1) Pogg. Ann. Bd. 77, S. 447.

2) Pogg. Ann. Bd. 78, S. 421.

wenn sie eine Weile in derselben festgehalten worden waren.

26. Dafs insbesondere bei gemengten Substanzen, wie Neusilber und Siegelack, die Coërcitivkraft, so deutlich auftritt, scheint neue Belege zu den Beobachtungen des Hrn. Zaddach in dessen sorgfältigen Untersuchungen »über die magnetische Polarität des Basaltes und der trachytischen Gesteine«¹⁾ zu liefern. Hr. Zaddach führt nämlich durch, dafs die Coërcitivkraft namentlich dann hervortritt, wenn magnetische Substanzen in zerklüftetem oder verwittertem Zustand (wie geröstetes Eisen, Basaltstücke die lange Zeit der Wirkung der Atmosphäre ausgesetzt waren) sich befinden, oder wenn sie mit minder magnetischen Substanzen innig gemengt sind (wie Eisenoxyd mit Oxydul im Magnet-eisenstein, Eisen mit Kohleeisen im Stahl, Magneteisen mit Augit und Feldspath im Basalt u. s. w.).

27. Vor allem geht aber aus den Untersuchungen der 20. bis 24. Nummer hervor:

dafs die kleinsten Theilchen sowohl der eisenmagnetischen, als der wismuthmagnetischen Substanzen *die-selbe normale Polarität* erhalten, wenn sie der magnetischen Scheidungskraft einer galvanischen Spirale ausgesetzt werden.

Denn nur durch diese Annahme lassen sich alle beobachteten Thatsachen ungezwungen und ohne Herbeiziehen anderer Hypothesen erklären.

28. Aus den Gesamtuntersuchungen dieser Abtheilung bin ich aber gezwungen, gegenüber einer gewichtigen Autorität, zu wiederholen:

Dafs die von Hrn. Weber in seinen »elektrodynamischen Mafsbestimmungen, insbesondere über Diamagnetismus« zu Grunde gelegten Versuche zwar bestätigt worden sind, aber anders erklärt werden müssen, als es dort geschah.

Die

1) Bonn bei Georgi 1851. Auszugsweise in »Königsberger naturwissenschaftliche Unterhaltungen« Bd. 2, Heft 3.

Die dort gefundene Ablenkung eines Magneten durch einen in einer galvanischen Spirale auf- und abbewegten Wismuthstab rührt wenigstens zum überwiegend grössten Theil von Inductionsströmen her, die durch die mechanische Bewegung innerhalb der Spirale im Wismuth erregt werden.

Die noch etwa übrig bleibende anormale Polarität des Wismuth erklärt sich durch die gewählte eigenthümliche Form der Spirale.

Die durch erregtes Wismuth von Hrn. Weber gefundenen Inductionsströme in einem geschlossenen Leiter sind demnach secundäre Inductionsströme.

Es ist also *nicht* bewiesen, daß die Polarität der kleinsten Theilchen in wismuthmagnetischen Substanzen bei gleicher idealer Vertheilung des Magnetismus die umgekehrte sey, als die in eisenmagnetischen.

Wird dagegen ein Wismuthstab, von der Mitte seiner Längsausdehnung her, stärker erregt, als von seinen Enden her, alsdann zeigt er bei gleichgerichteter magnetischer Scheidungskraft eine gleichgerichtete (und ziemlich starke) ideale Vertheilung des Magnetismus als das Eisen.

Demgemäfs ist die Polarität der kleinsten Theilchen wismuthmagnetischer Körper bei gleichgerichteter magnetischer Scheidungskraft dieselbe, als die der kleinsten Theilchen eisenmagnetischer Körper.

(Schluß im nächsten Heft.)

IV. Herleitung der allgemeinen Cauchy'schen Reflexionsformeln für durchsichtige und undurchsichtige Körper; Tabelle der Brechungsindices und Absorptionscoëfficienten des verschiedenfarbigen Lichtes in Metallen; von Beer in Bonn.

Durch gegenwärtigen Aufsatz bringen wir unsere Mittheilungen über die Reflexionsformeln zum Abschlusse, in sofern wir hier die allgemeinen Formeln aufstellen werden, aus denen sämtliche bisher von Cauchy veröffentlichten Gesetze ohne Weiteres sich ergeben. Ins Besondere gelangen wir so zu den auf die Metallreflexion bezüglichen Formeln, über deren Ableitung bekanntlich Cauchy nur oberflächliche Andeutungen gegeben, und die er in eine Form gegossen hat, welche für den Gebrauch zwar außerordentlich bequem ist, aber die Verwandtschaft mit den auf durchsichtige Körper bezüglichen Ausdrücken nicht mehr erkennen läßt. Freilich werden wir hierbei die Ausdrücke für den bei opaken Körpern variablen Brechungsindex und Absorptionscoëfficienten als Prämissen annehmen; diess dürfte jedoch für das augenblickliche Bedürfnis des Physikers von keinem Belange seyn, in sofern jenes lediglich darin besteht, Einsicht in die näheren Unterstellungen und die Rechnung zu gewinnen, welche zu den durch den Versuch so bedeutend gewordenen Formeln führen, eine Einsicht, welche durch die für uns unbegreifliche Zurückhaltung Cauchy's unmöglich war. Die allgemeinen Formeln, auf die wir im Verlaufe dieser Abhandlung stoßen werden, sind für den Augenblick auch mit Rücksicht darauf von Bedeutung, daß sie die Gesetze der Reflexion auch für diejenigen Körper einschließen, welche wie schwefelsaures Jod-Chinin (Herapathit), Murexid u. s. f. die Mittelglieder der Reihe bilden, an deren Enden die vollkommen durchsichtigen und die opaken Körper stehen.

Was den Gang der folgenden Rechnung betrifft, so läuft er im Allgemeinen demjenigen in unserer vorletzten Mittheilung parallel; mit Rücksicht hierauf hätten wir bedeutend abkürzen können, haben es jedoch unterlassen, weil mitunter Umformungen vorgenommen werden, die nicht so leicht in die Augen springen.

Principien.

Der Reflexionstheorie liegen zwei Principien zu Grunde. Das erste Princip verlangt, daß die Periode aller bei dem Uebergange des Lichtes aus einem Mittel ins andere zur Sprache kommenden Bewegungen gleich sey — es ist dies das von Cauchy sogenannte *Princip der correspondirenden Bewegungen*. Dem zweiten Principe zufolge zeigt der Ort von Aethertheilchen, welche auf einem Einfallslothe liegen, keine Unterbrechung der Stetigkeit, wenn man aus dem ersten Mittel in das zweite übergeht, und zwar findet dies für jedes Einfallslot und zu jeder Zeit statt — *Princip der Continuität der Bewegung*.

Dem ersten Princip wird Rechnung getragen, indem man in den Gleichungen der einzelnen Wellenbewegungen dem Quotienten aus der Geschwindigkeit in die Wellenlänge, also der Oscillationsdauer stets denselben Werth beilegt.

Das zweite Princip fällt mit der Unterstellung zusammen, daß die Curve, auf welcher die Aethertheilchen eines Lothes im ersten Mittel zu irgend einer Zeit liegen, an der Trennungsfläche beider Mittel mit der entsprechenden Curve des zweiten Mittels zusammentrifft, und daß sich beide Curven da, wo sie zusammenstoßen, einander auch berühren. Der mathematische Ausdruck für diese Erfordernisse besteht erstlich darin, die Ausschläge eines Theilchens der brechenden Fläche nach drei aufeinander senkrechten Axen, wie sie sich aus der Bewegung im ersten Mittel ergeben, den entsprechenden Ausschlägen desselben Theilchens, wie sie sich aus der Bewegung im zweiten Mittel ergeben, gleichzusetzen. Außerdem aber müs-

sen auch die Ableitungen der erwähnten Ausschläge nach der mit dem Lothe zusammenfallenden Ordinate paarweise einander gleich seyn. Diesem zweiten Principe wird durch schickliche Annahme der Attribute (Amplitude und Phase) genügt, oder vielmehr jenes Princip ist es, welches die Gleichungen zur Bestimmung jener Stücke liefert.

Rechnung.

Wir legen die z -Axe eines rechtwinkligen Coordinaten-Systems senkrecht zur spiegelnden Ebene, die x -Axe in den Durchschnitt der letzteren mit der Einfallsebene, und somit die y -Axe senkrecht zu dieser Ebene. Die Gleichungen der einfallenden, gespiegelten und gebrochenen Welle haben alsdann, wenn i die Incidenz ist, diese Gestalt:

$$E_i \equiv -z \cos i + x \sin i = 0, \quad E_r \equiv z \cos i + x \sin i = 0,$$

$$E_t \equiv -z \cos r + x \sin r = 0.$$

Unter λ, λ', v, v' die Wellenlängen und Geschwindigkeiten im ersten und zweiten Mittel, wie sie der Incidenz i entsprechen, verstanden, setzen wir zur Abkürzung:

$$\frac{2\pi}{\lambda}(vt - E_i) \equiv V_i, \quad \frac{2\pi}{\lambda}(vt - E_r) \equiv V_r,$$

$$\frac{2\pi}{\lambda'}(v't - E_t) \equiv V_t.$$

Ferner bedeuten uns a, a_i die Amplituden, J_i und L_i die Phasen der einfallenden und gespiegelten Welle bei mit der Einfallsebene parallelen Schwingungen. Alsdann sind die Gleichungen jener Wellen, wenn ξ, η, ζ die Ausschläge nach den Coordinatenachsen bedeuten:

$$\xi_i = a_i \cos i \cdot \sin(V_i + J_i), \quad \eta_i = 0, \quad \zeta_i = a_i \sin i \cdot \sin(V_i + J_i)$$

$$\xi_r = a_i \cos i \cdot \sin(V_r + L_i), \quad \eta_r = 0, \quad \zeta_r = -a_i \sin i \cdot \sin(V_r + L_i)$$

Hierbei unterstellt, dafs das erste Mittel durchsichtig sey. Für den gebrochenen Strahl, von dem wir annehmen, dafs er sich in einem Mittel bewegt, welches das Licht absorbiert, ergeben sich, wenn d eine auf das Licht von der Oscillationsdauer $\frac{\lambda}{v}$ bezügliche, die Absorption bestimmende

Größe und e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet, die folgenden Gleichungen:

$$\xi_r = x_r e^{\alpha} \sin(V_r + X), \quad \eta_r = 0, \quad \zeta_r = y_r e^{\alpha} \sin(V_r + Z).$$

Die Phasen X und Z der Componenten der gebrochenen Welle werden nur in besonderen Fällen gleich werden können; im Allgemeinen sind also hier die Bahnen der schwingenden Theilchen Ellipsen, deren Ebenen der Einfallsebene parallel sind, also auf der Wellenebene senkrecht stehen. Neben den erwähnten Bewegungen treten nun noch die von Cauchy sogenannten *verschwindenden Strahlen* auf, deren Rolle darin besteht, als Hilfsbewegung die Bewegung des ersten Mittels in die des zweiten zu vermitteln. Ihre Gleichungen sind:

$$\xi_s = x_s e^{-\alpha} \cos \left[\frac{2\pi}{l} (vt - x \sin i) \right], \quad \eta_s = 0,$$

$$\zeta_s = y_s e^{-\alpha} \sin \left[\frac{2\pi}{l} (vt - x \sin i) \right]$$

$$\xi_{s'} = x_{s'} e^{\alpha'} \cos \left[\frac{2\pi}{l'} (v't - x' \sin i') \right], \quad \eta_{s'} = 0,$$

$$\zeta_{s'} = y_{s'} e^{\alpha'} \sin \left[\frac{2\pi}{l'} (v't - x' \sin i') \right].$$

Es stellen hier e und e' zwei die Absorption bestimmende Größen dar, welche den Haupttheil der Wirkung dieser Bewegung auf den der Trennungfläche nächst anliegenden Raum einschränken. Außerdem hat man:

$$\frac{v}{l} = \frac{v'}{l'} = \frac{v}{\lambda} = \frac{v'}{\lambda'}; \quad \frac{\sin i}{l} = \frac{\sin i'}{l'} = \frac{\sin i}{\lambda} = \frac{\sin i'}{\lambda'},$$

woraus sich noch ergibt:

$$\frac{2\pi}{l} (vt - x \sin i) = \frac{2\pi}{l'} (v't - x' \sin i') \equiv V_s.$$

Die Gleichungen, zu denen das Princip der Continuität der Bewegung führt, und welche der Bestimmung der Attribute aller aufgeführten Strahlen zu Grunde liegen, sind, wie man leicht aus dem Obigen findet, die folgenden vier:

1) $S\xi = S\xi'$ oder:

$$a_i \cos i \sin(V_i + J_i) + a_i \cos i \sin(V_i + L_i) + r \cos V_i = \\ r \sin(V_i + X) + r' \cos V_i.$$

2) $S\zeta = S\zeta'$ oder:

$$a_i \sin i \sin(V_i + J_i) - a_i \sin i \sin(V_i + L_i) + \frac{1}{2} \sin V_i = \\ \frac{1}{2} \sin(V_i + Z) + \frac{1}{2} \sin V_i.$$

3) $S \frac{d\xi}{dz} = S \frac{d\xi'}{dz}$ oder:

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cos i^2 [a_i \cos(V_i + J_i) - a_i \cos(V_i + L_i)] - c r \cos V_i = \\ d r \sin(V_i + X) + \frac{2\pi}{\lambda} \cos r r \cos(V_i + X) + c' r' \cos V_i.$$

4) $S \frac{d\zeta}{dz} = S \frac{d\zeta'}{dz}$ oder:

$$\frac{2\pi}{\lambda} \sin i \cos i [a_i \cos(V_i + J_i) + a_i \cos(V_i + L_i)] - c \frac{1}{2} \sin V_i = \\ d \frac{1}{2} \sin(V_i + Z) + \frac{2\pi}{\lambda} \cos r \cdot \frac{1}{2} \cos(V_i + Z) + c' \frac{1}{2} \sin V_i.$$

Obige Gleichungen werden für jeden Punkt der brechenden Ebene und für jede Zeit befriedigt, wenn sie durch gehörige Wahl der Attribute der Strahlen für $z=0$ und $\frac{2\pi}{\lambda}(\nu t - x \sin i) = 0$, sowie außerdem für $z=0$ und $\frac{2\pi}{\lambda}(\nu t - x \sin i) = \frac{\pi}{4}$ befriedigt werden. Drücken wir dieses aus, so finden wir, wenn zur Abkürzung $a_i \sin J_i = p_i$, $a_i \cos J_i = q_i$, $a_i \sin L_i = p_i$, $a_i \cos L_i = q_i$ gesetzt wird, folgende acht Grundgleichungen:

$$\cos i(p_i + p_i) = r \sin X + (r' - r)$$

$$\cos i(q_i + q_i) = r \cos X$$

$$\sin i(p_i - p_i) = \frac{1}{2} \sin Z$$

$$\sin i(q_i - q_i) = \frac{1}{2} \cos Z + (\frac{1}{2}' - \frac{1}{2})$$

$$\mu \cos i(q_i - q_i) = \mu' r \cos X + d r \sin X + (c' r' + c r)$$

$$\mu \cos i(p_i - p_i) = \mu' r \sin X - d r \cos X$$

$$\mu \sin i(q_i + q_i) = \mu' \frac{1}{2} \cos Z + d \frac{1}{2} \sin Z$$

$$\mu \sin i(p_i + p_i) = \mu' \frac{1}{2} \sin Z - d \frac{1}{2} \cos Z - (c' \frac{1}{2}' + c \frac{1}{2}).$$

Wir eliminiren hieraus die auf den gebrochenen Strahl bezüglichen Glieder mit x , und β , und setzen:

$$p_i + p_r = P; \quad p_i - p_r = p; \quad q_i + q_r = Q; \quad q_i - q_r = q.$$

Es resultirt:

$$dP + \mu'Q - \mu q = \frac{d(x' - x) - (c'x' - cx)}{\cos i} = A$$

$$\mu'P - \mu p - dQ = \frac{\mu'(x' - x)}{\cos i} = B$$

$$dp - \mu Q + \mu'q = \frac{\mu'(\beta' - \beta)}{\sin i} = C$$

$$\mu P - \mu'p + dq = \frac{d(\beta' - \beta) - (c'\beta' - c\beta)}{\sin i} = D.$$

Wenn man aus den so gewonnenen Gleichungen P , Q , p und q entwickelt, hierauf p_i etc. aufsucht und berücksichtigt, dafs:

$$4d^2\mu'^2 + (d^2 + \mu^2 - \mu'^2)^2 = [d^2 + (\mu + \mu')^2][d^2 + (\mu - \mu')^2],$$

so findet man:

$$2p_i = [(D - B)(\mu - \mu') + (C + A)d] : [d^2 + (\mu - \mu')^2]$$

$$2q_i = [(D - B)d - (C + A)(\mu - \mu')] : [d^2 + (\mu - \mu')^2]$$

$$2p_r = [(D + B)(\mu + \mu') - (C - A)d] : [d^2 + (\mu + \mu')^2]$$

$$2q_r = [-(D + B)d - (C - A)(\mu + \mu')] : [d^2 + (\mu + \mu')^2].$$

Da aber $a_i^2 = p_i^2 + q_i^2$, $a_r^2 = p_r^2 + q_r^2$, $\tan J_1 = \frac{p_i}{q_i}$ und

$\tan L_1 = \frac{p_r}{q_r}$ ist, so hat man:

$$4a_i^2 = [(D - B)^2 + (C + A)^2] : [d^2 + (\mu - \mu')^2]$$

$$4a_r^2 = [(D + B)^2 + (C - A)^2] : [d^2 + (\mu + \mu')^2]$$

$$\tan J_1 = \frac{(D - B)(\mu - \mu') + (C + A)d}{(D - B)d - (C + A)(\mu - \mu')}$$

$$\tan L_1 = \frac{-(D + B)(\mu + \mu') + (C - A)d}{(D + B)d + (C - A)(\mu + \mu')}.$$

Es erübrigt noch diese Ausdrücke durch Einsetzen der Werthe von A u. s. f. gehörig umzuformen. Man hat mit Cauchy zu setzen, unter K und K' die Absorptionsconstanten der verschwindenden Strahlen verstanden:

$$x = \frac{2\pi}{\lambda} \sin i \cdot \frac{K'}{K} \cdot a, \quad x' = \frac{2\pi}{\lambda} \sin i \cdot \frac{K}{K'} \cdot a,$$

$$\beta = c \cdot \frac{K'}{K} \cdot a = \sqrt{K'^2 + \left(\frac{2\pi}{\lambda} \sin i\right)^2} \cdot \frac{K'}{K} \cdot a,$$

$$i' = -c' \cdot \frac{K'}{K} \cdot a = -\sqrt{K'^2 + \left(\frac{2\pi}{\lambda} \sin i\right)^2} \cdot \frac{K'}{K} \cdot a.$$

Hieraus folgt, wenn der Ellipticitätscoefficient beider Mittel durch ε bezeichnet wird:

$$\frac{i' - i}{r' - r} = -\frac{\sin i}{1} \cdot \frac{1}{\varepsilon}, \quad \frac{c'r' + cr}{r' - r} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{1}{\varepsilon},$$

$$\frac{c'i' + ci}{r' - r} = -\frac{2\pi}{\lambda} \sin i,$$

und wenn man $r' - r = \alpha$ setzt, so kommt:

$$A = \alpha \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\gamma \varepsilon - 1}{\cos i} \cdot \frac{1}{\varepsilon}, \quad B = \alpha \cdot \frac{2\pi}{\lambda'} \cdot \frac{\cos r}{\cos i},$$

$$C = -\alpha \cdot \frac{2\pi}{\lambda'} \cdot \frac{\cos r}{\cos i} \cdot \frac{1}{\varepsilon}, \quad D = \alpha \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\varepsilon \sin i^2 - \gamma}{\sin i^2} \cdot \frac{1}{\varepsilon}.$$

Die Substitution dieser Werthe liefert endlich nach einigen sich leicht ergebenden Reductionen, und wenn für $\frac{\lambda d}{2\pi}$ der Buchstabe γ gesetzt wird, die folgenden allgemeinen Reflexionsformeln:

$$\frac{a_r^2}{a_i^2} =$$

$$\frac{[\cos(i+r) + \gamma \varepsilon \sin i \sin r]^2 \sin i^2 + [\varepsilon \sin i^2 \sin(i+r) - \gamma \sin r \cos i]^2}{[\cos(i-r) - \gamma \varepsilon \sin i \sin r]^2 \sin i^2 + [\varepsilon \sin i^2 \sin(i-r) + \gamma \sin r \cos i]^2} \cdot \frac{\sin(i-r)^2 + \gamma^2 \sin r^2}{\sin(i+r)^2 + \gamma^2 \sin r^2},$$

$$\tan J_1 =$$

$$\frac{-\varepsilon \sin i^2 [\sin(i-r)^2 + \gamma^2 \sin r^2] + \gamma \sin r^3}{\sin i \sin(i-r) \cos(i-r) + \gamma^2 \sin r^2 \cos i},$$

$$\tan L_1 =$$

$$\frac{\varepsilon \sin i^2 [\sin(i+r)^2 + \gamma^2 \sin r^2] - \gamma \sin r^3}{\sin i \sin(i+r) \cos(i+r) + \gamma^2 \sin r^2 \cos i}.$$

Für die erste Formel, welche die Intensität des reflectirten Strahles bestimmt, kann in einer leicht verständlichen und sehr bequemen Abkürzungsweise, deren wir uns auch später bedienen, gesetzt werden:

$$\text{Fr. } \left\{ [\cos(i \pm r) \pm \gamma \varepsilon \sin i \sin r]^2 \sin i^2 + [\varepsilon \sin i^2 \sin(i \pm r) \pm \gamma \sin r \cos i]^2 \right\} : \\ \text{Fr. } [\sin(i \pm r)^2 + \gamma^2 \sin r^2].$$

Nach dieser Bezeichnungsweise ist allgemein unter Fractio $f(\pm x, \pm y)$ oder Fr. $[f(\pm x, \pm y)]$ der Bruch $f(+x, +y)$: $f(-x, -y)$ zu verstehen.

Gehen wir jetzt zu der Ableitung der allgemeinen Reflexionsformeln für den Fall über, wo die Oscillationen auf der Einfallsebene senkrecht stehen. Es gestalten sich hier, wo die Hilfsbewegung der verschwindenden Strahlen nicht eingeführt zu werden braucht, um das Princip der Continuität der Bewegung aufrecht zu erhalten, die Sachen ungleich einfacher als in dem bereits abgehandelten Falle. Die Gleichungen der nur mehr in der Zahl drei zur Sprache kommenden Strahlen sind, wenn wir die verschwindenden Componenten ξ und ζ überhaupt nicht aufführen, die folgenden:

$$\eta_i = b_i \sin(V_i + J_2), \quad \eta_t = b_t \sin(V_t + L_2), \\ \eta_r = b_r e^{\pi} \sin V_r.$$

Und das Princip der Stetigkeit, liefert uns folgende zwei Gleichungen:

$$1) S\eta = S\eta' \text{ oder:}$$

$$b_i \sin(V_i + J_2) + b_t \sin(V_t + L_2) = b_r \sin V_r,$$

$$2) S \frac{d\eta}{dx} = S \frac{d\eta'}{dx} \text{ oder:}$$

$$\mu \cdot b_i \cos(V_i + J_2) - \mu b_t \cos(V_t + L_2) = \mu' b_r \cos V_r + db_r \sin V_r.$$

Hieraus finden wir zur Bestimmung der Attribute folgende vier Gleichungen:

$$p_i + p_t = 0, \\ q_i + q_t = b_r, \\ \mu(q_i - q_t) = \mu' b_r, \\ \mu(p_i - p_t) = -db_r.$$

Diese Gleichungen liefern:

$$2p_i = -\frac{d}{\mu} b_r, \quad 2q_i = \left(1 + \frac{\mu'}{\mu}\right) b_r, \\ 2p_t = \frac{d}{\mu} b_r, \quad 2q_t = \left(1 - \frac{\mu'}{\mu}\right) b_r,$$

und hieraus folgt:

$$4b_i^2 = \left[\left(1 + \frac{\mu'}{\mu}\right)^2 + \frac{d^2}{\mu^2} \right] b_r^2,$$

$$4b_i^2 = \left[\left(1 - \frac{\mu'}{\mu}\right)^2 + \frac{d^2}{\mu^2} \right] b_r^2.$$

$$\tan J_2 = -\frac{d}{\mu + \mu'}, \quad \tan L_2 = \frac{d}{\mu - \mu'}.$$

Die Substitution der Werthe von μ und μ' formt letztere Ausdrücke endlich in folgende um:

$$\frac{b_i^2}{b_r^2} = \frac{\sin(i-r)^2 + \gamma^2 \sin r^2}{\sin(i+r)^2 + \gamma^2 \sin r^2} \\ = \text{Fr. } [\sin(i \mp r)^2 + \gamma^2 \sin r^2].$$

$$\tan J_2 = -\frac{\gamma \sin r}{\sin(i+r)}, \quad \tan L_2 = -\frac{\gamma \sin r}{\sin(i-r)}.$$

Die im Obigen gewonnenen allgemeinen Reflexionsformeln schliessen als besondere Fälle die allgemeinen Cauchy'schen Formeln für absolut durchsichtige Substanzen sowie auch die für Metalle in sich ein; sie gelten aber auch für die bisher noch weniger untersuchte Klasse von Körpern, welche das Licht zwar schwächen aber nicht in dem Maasse wie die Metalle. Bei den durchsichtigen Körpern wird ein geradlinig polarisirter Strahl in einen elliptisch polarisirten durch die Reflexion verwandelt. Der Sinn der Drehung des reflectirten Strahles hängt unter übrigens gleichen Umständen lediglich von dem Vorzeichen von ε ab, welche GröÙe in dieser Beziehung hier allein maßgebend ist. Bei den Metallen findet die erwähnte Umwandlung der geradlinigen Polarisation ebenfalls statt, aber da hier der Sinn der Drehung allein durch die GröÙe γ bestimmt wird, so ist derselbe auch, weil γ sein Zeichen nicht ändert, stets ein und derselbe für dasselbe Azimut des einfallenden Strahles. Bei den zwischen den durchsichtigen Körpern und Metallen gelegenen Substanzen endlich gehen in die Bestimmung des Sinnes der Drehung im reflectirten Strahle die GröÙen ε und γ gleichzeitig ein; hier wäre der Fall denkbar, daß eine Substanz für gewisse Farben den Charakter der Durchsichtigkeit, für andere ein entschieden metallisches Verhalten zeigte. Man vergleiche in Betreff

dieses Gegenstandes die Beobachtungen Hajdinger's über die Flächen- und Körperfarben sowie die Bemerkungen von Stokes über Eisenglanz, *Herapathit* und *Carthamin*, *Phil. Mag. Dec. 1853.* (Diese Ann. Bd. 91, S. 300.)

Um die Formeln für durchsichtige Substanzen zu erhalten, hat man, wie bemerkt, nur $\gamma = 0$ zu setzen, d. h. zu unterstellen, daß der gebrochene Strahl seinen Weg ungeschwächt verfolge. Läßt man obendrein auch noch den Ellipticitätscoefficienten verschwinden, so gewinnt man die Formeln für neutrale Reflexion, welche Fresnel zuerst gefunden hat. Um endlich die Cauchy'schen Formeln für opake Körper zu erhalten, muß man erstlich $\varepsilon = 0$ setzen, d. h. unterstellen, daß der immer sehr kleine Ellipticitätscoefficient gegen die übrigen vorkommenden Größen des Brechungsindex und Extinctionscoefficienten vernachlässigt werde. Die Intensitätsformel für Oscillationen, die der Einfallsebene parallel sind, wird alsdann:

$$\frac{a_r^2}{a_i^2} = \text{Fr. } \left\{ \begin{aligned} &[\cos(i \pm r)^2 \sin i^2 + \gamma^2 \sin r^2 \cos i^2] \\ &[\sin(i \mp r)^2 + \gamma^2 \sin r^2] \end{aligned} \right\}.$$

Setzen wir für das Brechungsverhältniß $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\lambda}{\lambda'}$, welches übrigens hier aus leicht begreiflichen Gründen nicht mehr wie bei den durchsichtigen Substanzen constant, sondern von der Incidenz abhängig ist ¹⁾, den Buchstaben ν , so erhält man nach einigen sich leicht ergebenden Reductionen:

$$\frac{a_r^2}{a_i^2} = \text{Fr. } \left\{ \begin{aligned} &\nu^2 \cos(i \pm r)^2 \sin(i \mp r)^2 + \gamma^2 [\sin i^2 \cos(i \pm r)^2 \\ &+ \cos i^2 \sin(i \mp r)^2] + \gamma^4 \sin r^2 \cos i^2 \end{aligned} \right\}.$$

1) Weil sich nämlich mit der Incidenz der Gang der Intensität und die Lage der Bahnellipse auf der gebrochenen Welle ändert, welcher Umstand nothwendig eine Abhängigkeit der Geschwindigkeit und Absorption von der Incidenz bedingt; dieß zeigen die allgemeinen Bewegungsgleichungen des Aethers.

Für die hier auftretenden Glieder mit ν^2 , γ^2 und γ^4 kann man, wie leicht gefunden wird, bezüglich die drei folgenden Ausdrücke setzen:

$$\nu^2 (\nu^2 \cos i^2 \mp 2\nu \cos i \cos r + \cos r^2) \sin r^2,$$

$$\gamma^2 (2\nu^2 \cos i^2 \mp 2\nu \cos i \cos r + 1 - 4 \sin i^2 \cos i^2) \sin r^2,$$

$$\gamma^4 \cos i^2 \sin r^2,$$

und somit ist auch:

$$\frac{a_1^2}{a_1^2} =$$

$$\text{Fr. } \left\{ (\nu^4 + 2\gamma^2 \nu^2 + \gamma^4 - 4\gamma^2 \sin i^2) \cos i^2 + (\nu^2 \cos r^2 + \gamma^2) \right. \\ \left. \mp 2[(\nu^2 - \gamma^2) \nu \cos r + 2\gamma \nu \cos r \cdot \gamma] \cos i \right\}.$$

Ehe wir zur weiteren Umformung übergehen, ist das Verhältniß der Größen γ und ν zu erörtern. Unter h eine Absorptionsconstante verstanden, hat man analog mit den verschwindenden Strahlen auch bei dem gebrochenen Strahle, der im allgemeinen Charakter mit jenen übereinkommt, zu setzen:

$$d = \sqrt{h^2 + \frac{2\pi}{\lambda'} \sin r^2}.$$

Es ist also auch:

$$\left(\frac{\lambda d}{2\pi}\right)^2 = \gamma^2 = \left(\frac{\lambda h}{2\pi}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{\lambda'} \sin r\right)^2,$$

wofür wir, wenn wir die GröÙe $\left(\frac{\lambda h}{2\pi}\right)$, den *Extinctionscoefficienten bei senkrechter Incidenz*, durch g bezeichnen, und bemerken, daÙ zufolge des Principes von Huyghens stets $\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{\sin i}{\sin r}$ ist, setzen können:

$$1) \gamma^2 = g^2 + \sin i^2.$$

Für den der Incidenz i entsprechenden Index ν statuirt Cauchy ohne Zweifel, wie der Erfolg zeigen wird, die Beziehung:

$$2) \nu^2 = n^2 + \sin i^2,$$

wenn n den Brechungsindex bei senkrechter Incidenz bedeutet. Da zufolge 2) $\nu \cos r = n$ ist, und da g stets sehr groß gegen $\sin i^2$ ist, so kann man setzen:

$$\gamma \nu \cos r = gn, \quad \nu^4 + 2g^2 \nu^2 + \gamma^4 - 4\gamma^2 \sin i^2 = (n^2 + g^2)^2.$$

Außerdem ist $v^2 - \gamma^2 = n^2 - g^2$, und setzen wir:

$\gamma = U \sin u$, $v \cos r = U \cos u$, $g = \Theta \sin \varepsilon$, $n = \Theta \cos \varepsilon$,
so kommt für die zuletzt aufgeführte Intensitätsformel:

$$\frac{a_1^2}{a^2} =$$

$$\text{Fr. } [\Theta \cos i^2 + U^2 \mp 2 \{ (n^2 - g^2) v \cos r + 2 g n \cdot g \} \cos i] =$$

$$\text{Fr. } [1 \mp \{ \frac{n^2 - g^2}{\Theta^2} \cdot \frac{v \cos r}{U} + \frac{2 g n}{\Theta} \cdot \frac{v}{U} \} \frac{2 U \Theta^2 \cos i}{\Theta^2 \cos i^2 + U^2}] =$$

$$\text{Fr. } \left\{ 1 \mp \cos(2\varepsilon - u) \cdot 2 \cdot \frac{\frac{U}{\Theta^2 \cos i}}{1 + \frac{U^2}{\Theta^2 \cos i^2}} \right\} =$$

$$\text{Fr. } [1 \mp \cos(2\varepsilon - u) \cdot \sin \{ 2 \arctan \frac{U}{\Theta^2 \cos i} \}].$$

Setzen wir ferner:

$$\cos(2\varepsilon - u) \cdot \sin \{ 2 \arctan \frac{U}{\Theta^2 \cos i} \} = \cotg \varphi,$$

so kommt endlich:

$$\frac{a_1^2}{a^2} =$$

$$\text{Fr. } [1 \mp \cotg \varphi] = \text{Fr. } [\tan \varphi \mp 1]$$

$$= \tan \left(\varphi - \frac{\pi}{4} \right).$$

Dies ist aber die eine von Cauchy aufgestellte Reflexionsformel, wenn anders zwischen den Größen U , u , Θ , ε dieselben Beziehungen stattfinden, wie sie Cauchy angiebt. Hiervon überzeugt man sich aber sogleich wie folgt. Da, wie wir gesehen, $v \cos r \cdot \gamma = n g$ gesetzt werden kann, so ist

$$1) \quad U^2 \sin 2u = \Theta^2 \cos 2\varepsilon.$$

Ferner hat man:

$$\tan \varepsilon = \frac{g}{n} = \frac{g(n^2 + g^2 + \sin i^2)}{n(n^2 + g^2 - \sin i^2)} \cdot \frac{\Theta^2 - \sin i^2}{\Theta^2 + \sin i^2}$$

$$= \frac{\frac{2 g n}{n^2 - g^2 - \sin i^2} - \frac{g}{n}}{\frac{2 g^2}{1 + \frac{n^2 - g^2 - \sin i^2}{n^2 - g^2 - \sin i^2}}} \cdot \frac{1 - \frac{\sin i^2}{\Theta^2}}{1 + \frac{\sin i^2}{\Theta^2}}$$

Nun ist aber:

$$\frac{2gn}{n^2 - g^2 - \sin^2 i} = \frac{2\gamma r \cos r}{r^2 \cos r^2 - \gamma^2} = \frac{2 \cdot \frac{\gamma}{r \cos r}}{1 - \frac{\gamma^2}{r^2 \cos r^2}} = \tan 2u,$$

und auch:

$$\frac{1 - \frac{\sin^2 i}{\Theta^2}}{1 + \frac{\sin^2 i}{\Theta^2}} = \cos \left[2 \arctan \frac{\sin i}{\Theta} \right];$$

mithin hat man:

$$2) \quad \tan \varepsilon = \tan(2u - \varepsilon) \cdot \cos \left[2 \arctan \frac{\sin i}{\Theta} \right].$$

Die Gleichungen 1) und 2) fallen in der That mit denjenigen zusammen, welche Cauchy zur Berechnung der Variablen U , u , aus den Constanten $n = \Theta \cos \varepsilon$, $g = \Theta \sin \varepsilon$ aufgestellt hat. Für die Formel, welche sich uns in dem Falle ergab, wo die Oscillationen auf der Einfallsebene senkrecht stehen, kann der Reihe nach gesetzt werden:

$$\begin{aligned} \frac{b_i^2}{b_l^2} &= \\ &= \text{Fr.} [v^2 \cos r^2 + \gamma^2 + \cos i^2 \mp 2 \cos i \cdot v \cos r] \\ &= \text{Fr.} [U^2 + \cos i^2 \mp 2 \cos i \cdot U \cos u] \\ &= \text{Fr.} \left\{ 1 \mp 2 \cos u \cdot \frac{\frac{\cos i}{U}}{1 + \left(\frac{\cos i}{U}\right)^2} \right\} \\ &= \text{Fr.} \left[1 \mp \cos u \cdot \sin 2 \left(\arctan \frac{\cos i}{U} \right) \right]. \end{aligned}$$

Bestimmt man also den Winkel χ so, daß man hat:

$$\cotg \chi = \cos u \cdot \sin 2 \left(\arctan \frac{\cos i}{U} \right),$$

so hat man auch:

$$\begin{aligned} \frac{b_l^2}{b_i^2} &= \\ &= \text{Fr.} [1 \mp \cotg \chi] = \text{Fr.} [\tan \chi \mp 1] \\ &= \tan \left(\chi - \frac{\pi}{4} \right), \end{aligned}$$

und dieß ist die zweite Cauchy'sche Formel.

Was endlich den Phasenunterschied der Oscillationen a , und b , bei gleicher Phase der einfallenden Oscillationen

a , und b , betrifft, so ergibt sich derselbe wie folgt. Da der Ellipticitätscoefficient verschwindet, so hat man für die Oscillationen a :

$$\operatorname{tang} J_1 = \frac{U \sin u}{(U^2 - \sin^2 i) \cos i + U \cos u \cdot \cos 2i}$$

$$\operatorname{tang} L_1 = \frac{-U \sin u}{(U^2 - \sin^2 i) \cos i - U \cos u \cdot \cos 2i}$$

Setzen wir die Phase der einfallenden Welle gleich Null, so bestimmt sich hiernach die der gespiegelten durch die Gleichung:

$$1) \operatorname{tang} \delta_1 = \operatorname{tang}(L_1 - J_1) = \frac{-2 U \sin u (U^2 - \sin^2 i) \cos i}{(U^2 - \sin^2 i)^2 \cos^2 i - U^2 \cos^2 u \cos^2 2i - U^4 \sin^2 u}$$

Und bei den zur Einfallsebene senkrechten Oscillationen b ist:

$$\operatorname{tang} J_2 = \frac{-U \sin u}{U \cos u + \cos i}$$

$$\operatorname{tang} L_2 = \frac{-U \sin u}{U \cos u - \cos i}$$

Die Phase der einfallenden Welle gleich Null gesetzt, ergibt sich hieraus für die Phase der reflectirten Welle:

$$2) \operatorname{tang} \delta_2 = \operatorname{tang}(L_2 - J_2) = \frac{-2 U \sin u \cos i}{U^2 - \cos^2 i}$$

Sucht man nun mit Hülfe der Formeln 1) und 2) die Tangente der Differenz $\delta_1 - \delta_2 = \delta$, d. i. des Phasenunterschiedes der beiden Componenten eines gespiegelten ursprünglich geradlinig polarisirten Strahles, so findet man leicht in erster Annäherung:

$$\operatorname{tang} \delta = \frac{2 U \sin u \sin^2 i \cos i}{\sin^2 i - U^2 \cos^2 i}$$

Wenn man also setzt:

$$\frac{U \cos i}{\sin^2 i} = \operatorname{tang} w,$$

so kann man auch schreiben:

$$\operatorname{tang} \delta = \operatorname{tang} 2w \cdot \sin u,$$

und diese Formel fällt mit der von Cauchy aufgestellten zusammen.

Wir verdanken bekanntlich Jamin nicht bloß die Verifikation der Cauchy'schen Formeln im Allgemeinen, sondern auch eine Reihe von Beobachtungen, durch welche man in Stand gesetzt ist, die beiden Constanten n und g , welche die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Absorption, ebener Wellen von geradliniger Oscillation und mit überall gleicher Intensität regeln, für mehrere Metalle zu berechnen. Diese Beobachtungen sind in dem Aufsätze »*Mémoire sur la couleur des métaux*«, *Ann. de Ch. et de Ph.* 3. XXII. (diese Annalen Bd. 74, S. 528) enthalten und bestehen aus der Angabe der Hauptincidenz und des Azimuthes der durch zweifache Reflexion wieder hergestellten geradlinigen Polarisation für verschiedene Theile des Sonnenspectrums. Es schien uns interessant genug, diesen Beobachtungen Andeutungen über die Dispersion und Absorption des Lichtes in Metallen abzufragen, um uns der Mühe zu unterziehen, die Werthe von n und g durch ein approximatives Verfahren zu berechnen, das, wie man sehen wird, der Genauigkeit des Versuches entspricht. Wir verfahren hierbei wie folgt. Bedeutet i_1 die Hauptincidenz und ist $\tan A$ der Hauptschwächungscoefficient für die Amplitude, also $\tan A^2 = \tan \alpha$, unter α das Azimuth der wieder hergestellten Polarisation verstanden, so ist:

$$u_1 = 2A, \quad U_1 = \sin i_1 \tan i_1, \\ \cotg(2u_1 - \epsilon) = \cotg \epsilon \cdot \cos \left(2 \arctan \frac{\sin i_1}{\Theta} \right),$$

$$\Theta = U_1 \left(\frac{\sin 2u_1}{\sin 2\epsilon} \right)^{\frac{1}{2}},$$

$$n = \Theta \cos \epsilon, \quad g = \Theta \sin \epsilon.$$

In erster Annäherung kann man $\epsilon = u_1$, $\Theta = U_1$ annehmen. Hierauf setze man in zweiter Annäherung $\epsilon = u_1 + d\epsilon$, da man dann findet:

$$d\epsilon = -\frac{\sin 2u_1}{2 \tan i_1^2}, \quad d\Theta = U_1 \cdot \frac{\cos 2u_1}{\sin 2u_1} d\epsilon,$$

und somit hat man:

$$n = U_1 \cos u_1 \left(1 + \frac{1}{2} \cotg i_1^2 \right), \\ g = U_1 \sin u_1 \left(1 - \frac{1}{2} \cotg i_1^2 \right).$$

Diefs

Diefs sind die Formeln, nach denen wir die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werthe der Brechungsindices und Extinctionscoëfficienten aus den oben angezogenen Beobachtungen abgeleitet haben.

Farbe.	Silber.		Glockengut.		Stahl.		Zint.		Spiegelallage.	
	<i>n</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>g</i>	<i>n</i>	<i>g</i>
Aeufertes Roth	0,2329	3,6868	1,0611	3,4097	2,5438	3,7196	2,1989	3,0645	1,1983	3,8560
Mitleres Roth	0,2623	3,4668	1,0332	3,1349	2,3679	3,4684	1,9985	2,9944	1,2006	3,6753
Orange	0,2615	2,9285	1,0305	3,0925	2,2783	3,3393	1,8683	2,9780	1,1631	3,1901
Streifen <i>D</i>	0,2694	2,8641	1,0052	2,9468	2,2634	3,3681	1,7735	2,8952	1,1192	3,0748
Gelb	0,2581	2,8133	1,0189	2,9197	2,2194	3,3033	1,5977	2,7830	1,1290	2,9415
Streifen <i>E</i>	0,2452	2,6667	1,1827	2,8589	2,0557	3,1620	1,4861	2,7712	1,1785	2,9209
Streifen <i>Eb</i>	1,0855	2,5034	2,0391	3,1370	1,4262	2,7400	1,1597	2,8948
Streifen <i>F</i>	0,2463	2,3308	1,1440	2,4427	1,8821	3,0443	1,3028	2,6288	1,1160	2,8185
Blau	0,2229	2,1249	1,1359	2,3373	1,8574	3,1362	1,1901	2,5057	0,9876	2,6297
Indigo	0,2154	2,0321	1,0942	2,2150	1,7520	3,0240	1,0938	2,4707	0,9117	2,5225
Streifen <i>H</i>	0,2059	1,8651	1,0952	2,2175	1,6774	2,9677	1,0595	2,4632	0,9383	2,6273
Violett	1,1507	2,2223	1,6005	2,8700	1,0006	2,3914	0,9117	2,5225
Aeufertes Violett	0,1968	1,7251	1,1267	2,1171	1,4736	2,7394	0,9276	2,2823	0,8471	2,4163

Farbe.	Kupfer.		Messing.	
	n	g	n	g
Roth	0,8865	2,5265	0,8216	2,5760
Orange	0,9478	2,2631	0,8062	2,3828
Gelb	1,1140	2,0156	0,8000	2,2437
Grün	1,3057	1,9075	0,8194	2,0356
Blau	1,3052	1,7523	0,9233	1,7097
Indigo	1,3151	1,7123	1,0340	1,5905
Violett	1,3090	1,6336	1,0797	1,4134

Aus den obigen Tabellen lassen sich folgende Schlüsse ziehen.

Die Absorption des Lichtes nimmt bei allen untersuchten Metallen ab, wenn die Brechbarkeit wächst. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nimmt beim Stahl und Zink unzweifelhaft von dem rothen Ende des Spectrums nach dem violetten hin zu, also umgekehrt wie es bei durchsichtigen Mitteln der Fall ist. Dasselbe dürfte beim Silber und der Spiegelalliage stattfinden. Im Kupfer nimmt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Brechbarkeit ab, und im Messing und Glockengute scheint sie vom rothen Ende des Spectrums zum violetten hin anfänglich zuzunehmen und hierauf wieder abzunehmen. Interessant ist ferner noch der Umstand, daß beim Silber die Geschwindigkeit des Lichtes durchweg größer, und zwar bedeutend größer als in der Luft ist; dasselbe findet bei den minder brechbaren Strahlen im Kupfer und Messing, bei den brechbareren Strahlen in der Spiegelalliage und dem Zink statt. Mit größerer Sicherheit ließe sich aus Jamin's Beobachtungen auf die fraglichen Verhältnisse schließen, wenn man statt der wirklich beobachteten Winkel ihre corrigirten Werthe unterlegen würde. Diese Correction erlangte jedoch nur, wenn sie von dem Experimentator selbst ausgeführt würde, besondere Verlässlichkeit, da er am besten das Spiel der Fehler und den ungefähren Werth der Wellenlänge der minder scharf fixirten Lichter des »Gelb, Blau« etc. zu beurtheilen verstehen muß. Soviel jedoch ersieht man aus den mitgetheilten Zahlen mit voller Sicher-

heit, dafs die starke Absorption die gewöhnlichen Dispersionsverhältnisse gewaltig ändert, ja sogar sie ganz umkehren kann.

V. *Ueber die unorganischen Bestandtheile des Roggens in verschiedenen Vegetationsperioden; von Dr. C. Schulz-Fleeth.*

I. Junge Roggenpflanze mit Wurzeln, in der Mitte des Januar ausgezogen.

100 St. Roggenpflanzen wogen frisch 15,5 Grm., trocknen 4,6.

100 Th. der trocknen Pflanzen gaben 7,151 Asche.

100 Th. Asche enthielten:

a.	b.
43,14	37,90 Kali
14,50	12,77 Chlorkalium
1,96	1,72 Chlornatrium
1,56	1,37 Eisenoxyd
3,53	3,11 Kalkerde
4,32	3,80 Magnesia
20,78	18,27 Phosphorsäure
3,14	2,76 Schwefelsäure
7,07	6,21 Kieselsäure
—	12,07 Kohlensäure
100,00.	99,98.

1000 Th. trockner Pflanzen enthalten:

27,13 Kali
9,13 Chlorkalium
1,23 Chlornatrium
0,98 Eisenoxyd
2,22 Kalkerde
2,71 Magnesia
13,07 Phosphorsäure
1,97 Schwefelsäure
4,44 Kieselsäure
8,63 Kohlensäure
71,51.

II. Junge Roggenpflanze ohne Wurzeln, in der Mitte des Mai gesammelt.

100 Th. lufttrockne Pflanzen enthielten ganz trockne Substanz 79,16.

Ein Halm wog lufttrocken durchschnittlich 0,27 Grm.

100 Th. trockner Pflanzen enthielten 11,26 Asche.

100 Th. Asche enthielten:

a.	b.
44,45	36,92 Kali
10,58	8,78 Chlorkalium
Spur	Spur Chlornatrium
0,37	0,31 Eisenoxyd
9,39	7,81 Kalkerde
3,33	2,77 Magnesia
16,05	13,33 Phosphorsäure
2,88	2,38 Schwefelsäure
12,94	10,75 Kieselsäure
—	16,96 Kohlensäure
99,99.	100,01.

1000 Th. trockner Pflanzen enthalten:

41,57 Kali
9,89 Chlorkalium
Spur Chlornatrium
0,35 Eisenoxyd
8,80 Kalkerde
3,11 Magnesia
15,01 Phosphorsäure
2,70 Schwefelsäure
12,10 Kieselsäure
19,09 Kohlensäure
112,61.

III. Roggenpflanze zur Zeit der Blüthe.

A. Halm ohne Aehren und Wurzeln.

100 Th. trockner Halme gaben 5,30 Asche, nach Abzug der in kohlensaurem Natron unlöslichen Kieselsäure aber nur 4,93.

100 Th. Asche enthielten:

<i>a</i> ohne Kohlensäure u. unlösliche Kieselsäure.	<i>b</i> mit berechneter Kohlensäure.
39,33	32,95 Kali
7,59	6,36 Chlorkalium
0,75	0,63 Chlornatrium
0,34	0,29 Eisenoxyd
8,35	6,99 Kalkerde
3,29	2,75 Magnesia
14,03	11,75 Phosphorsäure
1,16	0,98 Schwefelsäure
25,17	21,09 Kieselsäure
—	16,22 Kohlensäure
<u>100,01.</u>	<u>100,01.</u>

Die in kohlensaurem Natron lösliche Kieselsäure verhielt sich zu der ganzen in der Asche enthaltenen Quantität Kieselsäure, wie 25,17 zu 34,20.

1000 Th. trockner Halme enthalten:

16,24 Kali
3,13 Chlorkalium
0,31 Chlornatrium
0,14 Eisenoxyd
3,45 Kalkerde
1,36 Magnesia
5,80 Phosphorsäure
0,50 Schwefelsäure
14,12 Kieselsäure
8,00 Kohlensäure
<u>53,05.</u>

B. Aehren zur Zeit der Blüthe.

100 Th. trockner Aehren gaben . . .	6,38 Asche
ohne lösliche Kieselsäure . . .	5,74 „
100 Th. Asche enthielten:	

a.	b.
31,91	28,61 Kali
5,28	4,74 Chlorkalium
0,76	0,67 Chlornatrium
0,50	0,45 Eisenoxyd
7,51	6,76 Kalkerde
4,78	4,28 Magnesia
20,35	18,24 Phosphorsäure
4,02	3,60 Schwefelsäure
24,88	22,30 Kieselsäure
—	10,36 Kohlensäure
<u>100,02.</u>	<u>100,01.</u>

Die in kohlenurem Natron lösliche Kieselsäure verhielt sich zu der ganzen in der Asche enthaltenen Kieselsäure wie 24,88 zu 37,44.

1000 Th. trockner Aehren enthalten:

16,41 Kali
2,91 Chlorkalium
0,38 Chlornatrium
0,26 Eisenoxyd
3,78 Kalkerde
2,45 Magnesia
10,46 Phosphorsäure
2,07 Schwefelsäure
19,25 Kieselsäure
5,94 Kohlensäure
<u>64,00.</u>

Da 100 Th. trockner Halme mit 18,21 Th. trockner Aehren verbunden waren, so berechnet sich

C. die Asche der ganzen Roggenpflanze zur Zeit der Blüthe ohne Wurzeln

folgendermaßen:

100 Th. trockner Pflanzen geben . .	5,42 Asche
ohne unlösliche Kieselsäure aber . .	5,05
100 Th. Asche enthalten:	

a.	b.
38,00	32,17 Kali
7,16	6,06 Chlorkalium
0,74	0,63 Chlornatrium
0,37	0,31 Eisenoxyd
8,19	6,93 Kalkerde
3,44	2,91 Magnesia
15,21	12,88 Phosphorsäure
1,72	1,46 Schwefelsäure
25,16	21,30 Kieselsäure
—	15,34 Kohlensäure
<u>99,99.</u>	<u>99,99.</u>

1000 Th. trockner Pflanzen enthalten:

16,24 Kali
3,06 Chlorkalium
0,31 Chlornatrium
0,16 Eisenoxyd
3,50 Kalkerde
1,47 Magnesia
6,51 Phosphorsäure
0,73 Schwefelsäure
10,77 Kieselsäure
7,74 Kohlensäure

50,49.

100 Th. lufttrockner Pflanzen enthalten 90,00 trockne Substanz.

IV. Reifes Roggenstroh.

A. Halme ohne Aehren und Wurzeln.

100 Th. trockne Halme enthielten 4,90 Asche

100 Th. Asche enthielten:

a.	b.
20,92	18,29 Kali
4,33	3,78 Chlorkalium
1,01	0,88 Chlornatrium
0,16	0,15 Eisenoxyd
10,10	8,82 Kalkerde
2,60	2,27 Magnesia
7,78	6,81 Phosphorsäure
2,74	2,40 Schwefelsäure
50,36	44,01 Kieselsäure
—	12,61 Kohlensäure
<u>100,00.</u>	<u>100,02.</u>

1000 Th. trockner Halme enthalten:

8,96	Kali
1,85	Chlorkalium
0,43	Chlornatrium
0,09	Eisenoxyd
4,33	Kalkerde
1,12	Magnesia
3,34	Phosphorsäure
1,17	Schwefelsäure
21,58	Kieselsäure
6,12	Kohlensäure
48,99.	

Die in kohlensaurem Natron lösliche Kieselsäure verhielt sich zu der ganzen in der Asche enthaltenen Kieselsäure wie 50,36 zu 55,32.

B. Aehren vom reifen Roggenstroh.

100 Th. trockner Aehren gaben . . . 10,00 Asche
mit unlöslicher Kieselsäure . . . 11,71 „
100 Th. Asche enthielten:

a.	b.
6,10	5,83 Kali
0,31	0,30 Chlorkalium
0,61	0,60 Chlornatrium
0,23	0,22 Eisenoxyd
4,19	4,04 Kalkerde
1,37	1,33 Magnesia
6,71	6,47 Phosphorsäure
0,15	0,15 Schwefelsäure
80,33	77,51 Kieselsäure
—	3,53 Kohlensäure
100,00.	99,98.

Die in kohlensaurem Natron lösliche Kieselsäure verhielt sich zu der ganzen in der Asche enthaltenen Quantität Kieselsäure wie 80,33 zu 97,56.

1000 Th. trockner Aehren enthalten:

5,88	Kali
0,29	Chlorkalium
0,59	Chlornatrium
0,20	Eisenoxyd
4,04	Kalkerde
1,32	Magnesia
6,47	Phosphorsäure
0,15	Schwefelsäure
77,55	Kieselsäure
3,53	Kohlensäure
99,92.	

Da auf 100 Th. trockner Halme 14,47 Th. trockner
Aehren kommen, so berechnet sich

C. die Zusammensetzung der Asche des reifen Roggenstroh ohne
Wurzeln

folgendermaßen:

100 Th. trocknes Stroh enthalten 5,55 Asche.

100 Th. Asche enthalten:

a.	b.
17,30	15,47 Kali
3,34	3,00 Chlorkalium
0,90	0,80 Chlornatrium
0,21	0,20 Eisenoxyd
8,64	7,72 Kalkerde
2,29	2,04 Magnesia
7,52	6,73 Phosphorsäure
2,11	1,90 Schwefelsäure
57,70	51,61 Kieselsäure
—	10,55 Kohlensäure
100,00.	100,00.

Die in kohlensaurem Natron lösliche Menge Kieselsäure
verhielt sich zu der ganzen Quantität der gefundenen Kie-
selsäure wie 57,70 zu 65,04.

100 Th. lufttrocknes Stroh enthalten 88,5 Th. ganz
trockner Masse.

1000 Th. trocknes Stroh enthalten:

8,58	Kali
1,80	Chlorkalium
0,45	Chlornatrium
0,10	Eisenoxyd
4,30	Kalkerde
1,13	Magnesia
3,74	Phosphorsäure
1,04	Schwefelsäure
28,63	Kieselsäure
5,71	Kohlensäure
<hr/>	
55,48.	

V. Reife Roggenkörner.

100 Th. trockner Körner gaben 1,93 Asche.

100 Th. Asche enthielten:

34,50	Kali
0,90	Chlornatrium
0,20	Eisenoxyd
2,75	Kalkerde
11,38	Magnesia
47,52	Phosphorsäure
Spur	Schwefelsäure
2,75	Kieselsäure
<hr/>	
100,00.	

1000 Th. trockner Körner enthalten:

6,66	Kali
0,18	Chlornatrium
0,04	Eisenoxyd
0,53	Kalkerde
2,19	Magnesia
9,17	Phosphorsäure
Spur	Schwefelsäure
0,53	Kieselsäure
<hr/>	
19,30.	

100 Th. lufttrockner Körner enthielten 14,10 Wasser.

100 St. Roggenkörner wogen trocken 2,2 Grm.

In 8,44 trockner Aehren waren enthalten 42,2 trockner Roggenkörner.

100 Th. trockner Aehren mit Körner geben darnach 3,274 Asche.

100 Th. Asche enthalten:

19,96	Kali
0,12	Chlorkalium
0,78	Chlornatrium
0,24	Eisenoxd
3,38	Kalkerde
6,22	Magnesia
26,66	Phosphorsäure
0,06	Schwefelsäure
40,77	Kieselsäure
1,81	Kohlensäure
<u>100,00.</u>	

1000 Th. trockner Aehren mit Körner enthalten:

6,54	Kali
0,04	Chlorkalium
0,26	Chlornatrium
0,08	Eisenoxyd
1,10	Kalkerde
2,03	Magnesia
8,73	Phosphorsäure
0,02	Schwefelsäure
13,35	Kieselsäure
0,59	Kohlensäure
<u>32,74.</u>	

100 Th. trocknes Stroh mit Aehren enthielten 63,051 trockne Körner.

100 Th. Stroh mit Körnern geben darnach 4,152 Asche.

100 Th. Asche enthalten:

18,89	Kali
2,45	Chlorkalium
0,84	Chlornatrium
0,20	Eisenoxyd
6,82	Kalkerde
3,73	Magnesia
14,08	Phosphorsäure
1,54	Schwefelsäure
42,82	Kieselsäure
8,65	Kohlensäure
<hr/>	
100,02.	

1000 Th. trocknes Stroh mit Körnern enthalten:

7,84	Kali
1,01	Chlorkalium
0,35	Chlornatrium
0,09	Eisenoxyd
2,83	Kalkerde
1,54	Magnesia
5,84	Phosphorsäure
0,64	Schwefelsäure
17,77	Kieselsäure
3,61	Kohlensäure
<hr/>	
41,52.	

Die Roggenpflanze zur Zeit der Blüthe und das reife Roggenstroh mit Korn wurde in einem Jahre demselben Boden entnommen, von welchem auch im folgenden Jahre die Pflanzen im Monat Mai geschnitten wurden. Die jungen Roggenpflanzen aber des Monat Januar wurden aus einem anderen Ackerstücke gezogen, welches nicht dieselbe Einsaat empfangen hatte, wie ersteres. Aus diesem Umstande erklärt sich wohl der gröfsere Natron-Gehalt der jungen Pflanzen.

Weil es fast unmöglich ist, die Wurzeln der Pflanzen von aller auhängenden Erde zu befreien, so habe ich, um nicht die ganze Analyse ungenau zu machen, lieber das Stroh dicht über der Erde abgeschnitten. Nur die ganz jungen Pflänzchen mußten mit ihren Wurzeln eingäschert

werden; die geringe Menge Kieselsäure, welche in ihrer Asche gefunden wurde, beweist, daß sie gut gereinigt waren.

Die Methode, durch Kochen mit kohlensaurem Natron die von den Pflanzen aufgenommene Kieselsäure von dem als Verunreinigung beigemengten Sande zu scheiden, ist offenbar unsicher, und deshalb habe ich überall die ganze Quantität der gefundenen Kieselsäure mitgenannt.

Die Mitte Mai's gesammelte Roggenpflanze enthielt bei weitem die meiste Asche; da aber ein Halm zu dieser Zeit ungefähr 0,27 Grm. wiegt, während vom reifen Stroh schon der Halm ohne Aehren 1,2 bis 1,5 wog: so folgt daraus, daß vom Mai bis zur Zeit der Reife noch eine bedeutende Quantität unorganischer Salze von der Roggenpflanze aufgenommen werden muß.

Neben den Aschenanalysen wären die Stickstoffbestimmungen von Interesse gewesen, und ich hoffe dieselben, so weit es noch möglich ist, nachliefern zu können.

VI. Ueber den Wallrath; von W. Heintz.

Schon im Jahre 1852 habe ich ¹⁾ eine Abhandlung über den Wallrath bekannt gemacht, in welcher ich angab, daß derselbe aus den Cetyloxydverbindungen von sechs organischen, der Fettsäurereihe angehörenden Säuren bestehe, welche ich Stearophansäure, Margarinsäure, Palmitinsäure, Cetinsäure, Myristinsäure und Cocinsäure nannte. Diese Säuren sollten sich alle um C^2H^2 in ihrer Zusammensetzung unterscheiden, so zwar, daß die Formel der folgenden Säure gebildet wird, wenn man von der der vorhergehenden C^2H^2 abzieht. Die Reihe beginnt mit der Formel $C^{36}H^{76}O^2$ und endet mit $C^{26}H^{56}O^2$. In einem

1) Poggend. Annal. Bd. 87, S. 21. *

bald darauf publicirten Aufsatz über die Zusammensetzung des Hammeltalgs, des Menschenfetts und des Wallraths ¹⁾ ist jedoch von mir dargethan worden, daß die vermeintliche Margarinsäure keine reine Säure, sondern ein Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure ist, eine Thatsache, die neuerdings auf meine Veranlassung von Gössmann ²⁾ bestätigt worden ist, weshalb ich zu schliessen berechtigt war, daß unter den Verseifungsproducten des Wallraths die Säure, deren Formel $C^{34}H^{54}O^4$ ist, ebenfalls nicht, statt ihrer aber *Stearinsäure* vorkomme, deren Identität mit der Stearophansäure ich nachwies.

Dies sowohl als auch der Umstand, daß ich die Säuren deren Zusammensetzung sich durch die Formeln $C^{30}H^{50}O^4$ und $C^{26}H^{46}O^4$ ausdrücken läßt, nur in so geringer Menge aus dem Wallrath hatte gewinnen können, daß ich mich von ihrer vollkommenen Reinheit nicht zu überzeugen vermochte, leitete mich schon damals zu dem Gedanken, auch diese Säuren möchten nur Gemische seyn. Hierin wurde ich durch die Resultate meiner Untersuchung der Butter ³⁾, deren Verseifungsproducte von der Reihe von fetten Säuren zwischen der Buttersäure $C^8H^8O^4$ und der Butinsäure $C^{36}H^{56}O^4$, mit einziger Ausnahme der Laurostearinsäure $C^{24}H^{44}O^4$ alle diejenigen enthalten, welche der allgemeinen Formel $C^{4n}H^{4n}O^4$ (n = ganze Zahl) entsprechend zusammengesetzt sind, so bestärkt, daß ich in dem genannten Aufsätze jenen Gedanken als Vermuthung auszusprechen wagte, welche ich durch eine neue Untersuchung der Wallrathsäuren zur Gewißheit zu erheben hoffte. In dem Folgenden wird man den Beweis für die Richtigkeit jener Vermuthung finden.

Das Material zu dieser Untersuchung hat Herr Medizinal-Assessor Merck in Darmstadt nach meiner Vorschrift darzustellen die Güte gehabt. Die dabei angewendete Methode war in Kürze folgende:

1) Ebend. Bd. 87. S. 553. *

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 89, S. 123. *

3) Poggend. Annal. Bd. 90, S. 137. *

Zehn Pfund gereinigten Wallraths wurden in 30 Pfund heißen Weingeist gebracht und darauf $4\frac{1}{2}$ Pfund Aetzkali das vorher in Weingeist gelöst war, hinzugehan. Die Mischung wurde längere Zeit gekocht, worauf sie mit einer hinreichenden Menge einer Lösung von Chlorbaryum versetzt wurde. Die Flüssigkeit wurde noch heiß durch einen Spitzbeutel filtrirt, wobei der größte Theil des entstandenen Barytsalzes auf letzterem zurückblieb. Ein geringer Theil war in der Lösung enthalten, und floß mit dem gelösten Aethyl durch denselben hindurch. Der Rückstand auf dem Filtrum wurde noch warm mittelst einer warmen Presse aufs Stärkste ausgepreßt. Der Rückstand wurde noch zweimal mit Weingeist behandelt und jedesmal stark gepreßt. Von der ganzen Menge der weingeistigen Lösungen wurde der Weingeist abdestillirt, und der Rückstand mehrfach mit Aether ausgezogen, bis dieses Lösungsmittel nichts mehr aus demselben aufnahm. Nachdem der Aether abdestillirt war, blieb das rohe Aethyl zurück. Die sämmtlichen Barytsalze, sowohl der in Alkohol nicht gelöste, als auch der durch Aether von dem Alkohol befreite Theil, wurden vereinigt und durch Kochen mit verdünnter Säure die fette Säure abgeschieden. Diese wurde endlich nochmals in Weingeist gelöst, die Lösung filtrirt und der Alkohol abdestillirt. So wurde die rohe Aethylsäure gewonnen, deren Schmelzpunkt bei $42^{\circ},5$ C. lag.

Da aus meiner früheren Arbeit über den Wallrath mit Hülfe der Thatsachen, die ich nach Vollendung derselben durch Untersuchung des Hammeltalgs, des Rindstalgs und der Butter festgestellt habe, mit Sicherheit geschlossen werden darf, daß der in Alkohol schwerer lösliche Theil der sogenannten Aethylsäure im Wesentlichen aus Palmitinsäure besteht, der noch eine geringe Menge Stearinsäure beigemischt ist, so konnte es bei der neuen Untersuchung dieser fetten Säure wesentlich nur darauf ankommen, die Zusammensetzung des in Alkohol leichter auflöslichen Theils derselben zu ermitteln. Deshalb löste ich die ganze Menge der Säure in Alkohol und ließ die Lösung erkalten. Die

dadurch ausgeschiedene Masse wurde durch eine kräftige Presse von der alkoholischen Flüssigkeit befreit, worauf sie noch einige Male auf dieselbe Weise mit Alkohol behandelt wurde, bis die abgepresste Säure bei $57^{\circ},5$ C. schmolz. Sie bildete nun eine weiße, zwar in Nadeln erstarrende Masse, wie das gewöhnlich Margarinsäure genannte Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure, indessen war die Nadelform doch nur wenig merklich. Der hohe Schmelzpunkt genügte, um darzuthun, daß die viel leichter schmelzenden Säuren, welche ich bei meiner früheren Untersuchung der Wallrathsäure, im reinen Zustande daraus abgeschieden zu haben meinte, entweder gar nicht oder doch nur in sehr geringer Menge zurückgeblieben seyn konnten. Sie mußten, freilich noch gemengt mit den in der Lösung gebliebenen Antheilen von Stearinsäure und Palmitinsäure, wesentlich in den alkoholischen Lösungen enthalten seyn.

Diese wurden deshalb mit einander vermischt und der partiellen Fällung unterworfen, bei welcher ich als Fällungsmittel essigsäure Magnesia anwendete. Dieses Salz wurde der warmen alkoholischen Lösung nicht in alkoholischer, sondern in concentrirter wässriger Lösung beigemischt, um dadurch allmählig den Alkohol immer mehr zu verdünnen, und daher auch die Abscheidung der myristinsäuren Magnesia zu befördern, welche in starkem Alkohol nicht ganz unlöslich ist, während das Magnesiasalz der noch leichter als die Myristinsäure schmelzbaren Säure selbst noch in verdünntem Alkohol löslich ist, wie dieß aus meiner früheren Untersuchung des Wallraths hervorgegangen war. Deshalb setzte ich auch bei den späteren Fällungen Ammoniakflüssigkeit zu der spirituösen Lösung, um die lösende Wirkung der allmählig in immer größerer Menge sich in derselben ansammelnden freien Essigsäure abzustumpfen, bis zuletzt ein geringer Ueberschuß dieses Körpers durch alkalische Reaction sich bemerklich machte. Das nach jedesmaligem Zusatz des Magnesiasalzes zu der heißen Lösung der fetten Säuren beim Erkalten sich Abscheidende, wurde abgepresst und durch Kochen mit verdünnter Salzsäure die

Talk-

Talkerde von der fetten Säure abgeschieden. Auf diese Weise theilte ich den in Alkohol gelöst gebliebenen Theil der Wallrathsäuren in 19 verschiedene Portionen, während eine zwanzigste ungeachtet des Zusatzes eines Ueberschusses von essigsaurer Magnesia und von Ammoniak in dem Spiritus gelöst blieb. Aus dieser Portion wurde durch Zusatz von essigsaurem Bleioxyd die darin enthaltene fette Säure vollständig niedergeschlagen. Das so gefällte Bleisalz, welches vorher mit verdünntem Spiritus ausgewaschen und dann getrocknet worden war, wurde mit Aether extrahirt, um das etwa beigemengte ölsäure Bleioxyd abzuscheiden. Der Aether nahm jedoch nur eine äußerst geringe Menge der Bleiverbindung auf, welche deshalb nicht weiter untersucht worden ist. Der nicht in Aether lösliche Theil derselben wurde anhaltend und mehrmals mit erneuten Mengen sehr verdünnter Salzsäure gekocht, um die fette Säure abzuscheiden. Diese zwanzigste Portion mußte hauptsächlich die leichtest schmelzende Säure aus dem Wallrath enthalten, welche nach meiner früheren Untersuchung des Wallraths bei 34°,5 C. schmelzen sollte. Diese offenbar noch unreine Säure wurde aber erst bei 39°,7 C. flüssig.

Die Schmelzpunkte der so gewonnenen Säureportionen waren nach der Reihe ihrer Abscheidung folgende:

die 1ste Portion besaß den Schmelzpunkt von 43° C.									
„ 2te	„	„	„	„	„	„	„	45	„
„ 3te	„	„	„	„	„	„	„	43	„
„ 4te	„	„	„	„	„	„	„	43,7	„
„ 5te	„	„	„	„	„	„	„	42,7	„
„ 6te	„	„	„	„	„	„	„	43,7	„
„ 7te	„	„	„	„	„	„	„	40,7	„
„ 8te	„	„	„	„	„	„	„	40,5	„
„ 9te	„	„	„	„	„	„	„	44,3	„
„ 10te	„	„	„	„	„	„	„	45,7	„
„ 11te	„	„	„	„	„	„	„	43,3	„
„ 12te	„	„	„	„	„	„	„	43,7	„
„ 13te	„	„	„	„	„	„	„	42,5	„

Nach der fünfzehnten Krystallisation war die Menge der Säure so gering geworden, daß ich sie nicht ferner umkrystallisiren konnte. Diese Schwankung in dem Schmelzpunkt kann nur dadurch erklärt werden, daß zunächst die leichtest löslichen Säuren gelöst blieben, und ein Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure sich abschied, in welchem beim ferneren Umkrystallisiren der grofse Gehalt an Palmitinsäure sich stetig minderte, so daß der Schmelzpunkt sich allmählig dem des niedrigst schmelzenden Gemischs dieser beiden Säuren näherte. Nachdem dieser Punkt erreicht war mußte dann beim ferneren Umkrystallisiren der Schmelzpunkt bedeutend steigen. Er stieg über 62°C ., so daß an der Gegenwart der Stearinsäure in dieser Säureportion kaum zu zweifeln ist.

Um nun zu untersuchen, ob in den alkoholischen Lösungen, welche namentlich bei den neun ersten Krystallisationen abgeprefst waren, eine besondere Säure zu entdecken sey, fällte ich sie wiederum partiell durch essigsäure Magnesia, wodurch sieben verschiedene Portionen erhalten wurden, die einzeln umkrystallisirt werden mußten.

Die erste Portion schmolz bei 45°C . Ihr Schmelzpunkt stieg stetig beim Umkrystallisiren, und nach neunmaliger Krystallisation war er auf $61^{\circ},5\text{C}$. gebracht worden, worauf die Menge der Säure so gering geworden war, daß fernere Umkrystallisation unmöglich wurde. Sie enthielt ohne Zweifel wesentlich Palmitinsäure, der sie ganz ähnlich erschien.

Die zweite Portion schmolz bei $44^{\circ},3\text{C}$. und ihr Schmelzpunkt stieg beim Umkrystallisiren stetig. Er war gleich $61^{\circ},3\text{C}$. geworden, als die geringe Menge der ausgeschiedenen Säure ferner diese Operation verbot. Auch diese Säure erschien nicht ganz reiner Palmitinsäure ähnlich, und enthielt ohne Zweifel im Wesentlichen diese Säure.

Die dritte Portion schmolz bei 47°C . Ihr Schmelzpunkt sank beim Umkrystallisiren zuerst, dann aber stieg er allmählig wieder. Nach der Reihe wurden folgende Schmelzpunkte beobachtet

1ste Umkrystallisation	46° C.
2te „	45 ,4 „
3te „	46 ,5 „
4te „	47 „
5te „	54 ,2 „
6te „	59 ,7 „
7te „	61 ,5 „
8te „	62 „

Die zuletzt abgeschiedene Säure besaß den Schmelzpunkt und die Eigenschaften reiner Palmitinsäure. Also auch hier konnte nur diese Säure gewonnen werden. Dafs der Schmelzpunkt der Säure zuerst sank, kann nur dadurch erklärt werden, dafs die zunächst nach der Palmitinsäure durch partielle Fällung sich abscheidende Säure, wenn sie mit ihr gemischt wird, dieselbe Eigenschaft besitzt, wie die Palmitinsäure, wenn sie mit Stearinsäure gemischt wird, d. h. dafs der Schmelzpunkt dieser Säure durch allmähigen Zusatz von Palmitinsäure sinkt, und erst, wenn die Menge der Palmitinsäure in dem Gemisch gröfser wird, allmähig sich dem Schmelzpunkt dieser Säure nähert. Directe Versuche die ich jedoch erst später mittheilen will, um den Zusammenhang nicht zu stören, haben diese Vermuthung vollkommen bestätigt.

Die vierte und fünfte Portion wurden mit einander gemischt umkrystallisirt, weil ihr Schmelzpunkt nahezu gleich war, und sie sich auch in den übrigen Eigenschaften sehr nahe standen. Der Schmelzpunkt stieg dabei stetig bis er nach siebenmaligem Umkrystallisiren gleich 53°,8 C. geworden war. Als die Säure bei 52° C. schmolz, erstarrte sie in langen Nadeln, wie die Margarinsäure. Bei 53° C. Schmelzpunkt waren zwar noch Nadelchen zu erkennen, aber sie waren schon sehr undeutlich. Endlich erschien die Säure schuppig krystallinisch, ganz ähnlich wie die reine Stearinsäure und Palmitinsäure, von der sie sich nur durch den Schmelzpunkt und wie sich später ergeben wird durch die Zusammensetzung wesentlich unterschied. Ausserdem ist sie leichter löslich in kaltem Alkohol als jene bei-

den. Durch ferneres Umkrystallisiren konnte der Schmelzpunkt dieser Säure nicht erhöht werden. Ich glaubte sie deshalb für rein halten zu dürfen. Diefs zu prüfen verschob ich jedoch, weil ich hoffte, noch mehr dieser bei $53^{\circ},8$ C. schmelzenden Säure zu gewinnen.

Die sechste bei 48° C. schmelzende Portion erhöhte beim Umkrystallisiren ihre Schmelzpunkte stetig. Schon nach der dritten Krystallisation war derselbe auf $53^{\circ},8$ C. gestiegen, und liefs sich durch fernere Wiederholung dieser Operation nicht weiter erhöhen.

Ganz auf dieselbe Weise verhielt sich die siebente Portion, deren Schmelzpunkt bei 44° C. lag.

Diese drei bei $53^{\circ},8$ C. schmelzende Säureportionen wurden miteinander gemischt, ohne dafs sie ihren Schmelzpunkt oder überhaupt ihre Eigenschaften änderten. Um von ihrer Ungemengtheit mich zu überzeugen löste ich sie in vielem Alkohol und schlug sie mit so viel essigsaurer Baryterde nieder, dafs nur etwa die Hälfte derselben in die feste Verbindung übergeben konnte. Die in dem Barytsalz sowohl als in der Alkohollösung enthaltene Säureportion besafs keinen wesentlich anderen Schmelzpunkt, als die zu der partiellen Fällung angewendete Säure.

Durch diese Untersuchung ist es erwiesen, dafs die ersten sechs Säureportionen, welche aus dem leichter in Alkohol löslichen Theil der Wallrathsäure durch partielle Fällung erhalten wurde, Stearinsäure und Palmitinsäure, ausserdem aber eine bei $53^{\circ},8$ C. schmelzende Säure enthielten, deren Eigenthümlichkeit und Ungemischtheit unzweifelhaft ist.

Die 7te und 8te bei $40^{\circ},7$ und $40^{\circ},5$ C. schmelzenden Säureportionen (s. S. 433.), die zusammen keine grofse Menge ausmachten, wurden darauf umkrystallisirt. Der Schmelzpunkt stieg dadurch fortdauernd bis er nach zwölfmaliger Wiederholung dieser Operation, wobei die Säure auf ein Minimum reducirt wurde, auf $59^{\circ},3$ C. gestiegen war. Die dadurch erhaltene Säure erschien schon der Palmitinsäure ganz ähnlich, aber die schuppige Krystallisation war noch

nicht sehr deutlich. Sie konnte nicht ein Gemisch dieser Säure mit Stearinsäure seyn, denn sonst hätte sie schon die nadelige Krystallform beim Festwerden annehmen müssen. Sie muß ein Gemisch der Palmitinsäure mit einer andern wahrscheinlich der bei $53^{\circ},8$ C. schmelzenden fetten Säure gewesen seyn.

Die neun folgenden Portionen (9—17), deren Schmelzpunkt zwar verschieden war, die aber doch noch immer wesentlich die bei $53^{\circ},8$ C. schmelzende Säure enthalten mußten, da diese wie man später sehen wird, sogar noch durch Umkrystallisation der 18ten und 19ten Portion, die ich zuerst vorgenommen hatte, gewonnen wurde, wurden gemischt und umkrystallisirt. Der Schmelzpunkt stieg, konnte aber bei wiederholten Versuchen durch diese Operation nicht über $51^{\circ},5$ C. gesteigert werden. Er blieb dreimal hintereinander vollkommen constant. Bei der partiellen Fällung mit essigsaurer Baryterde zeigte sich aber sogleich, daß die Säure noch ein Gemisch war, denn die aus dem zuerst gefällten Barytsalz durch Kochen mit sehr verdünnter Salzsäure abgeschiedene Säure schmolz bei $47^{\circ},5$ C. Dann folgte eine bei 49° C., dann eine bei $50^{\circ},3$ C. schmelzende Säureportion. Aus der restirenden Flüssigkeit krystallisirte auf Zusatz von etwas Wasser in der Kälte eine bei 52° C. schmelzende Säure heraus, deren Schmelzpunkt durch Umkrystallisiren auf $52^{\circ},3$ C. stieg, dann aber bei zwei ferneren Krystallisationen ganz unverändert blieb. Die partielle Fällung wies aber auch die Unreinheit dieser Säure nach, deshalb mischte ich die im festen Zustande abgeschiedene Säure mit allen den Alkohollösungen zusammen, aus denen sie allmählig abgeschieden war und fällte sie nochmals partiell mit essigsaurer Baryterde. Die in dem gefällten Barytsalz enthaltene Säure schmolz bei 50° C. Aus der davon abgeschiedenen mit etwas Wasser gemischten Lösung krystallisirte in der Kälte eine bei 53° C. schmelzende Säure heraus, deren Schmelzpunkt durch einmaliges Umkrystallisiren auf $53^{\circ},8$ C. stieg, welcher durch ferneres Umkrystallisiren nicht mehr verändert werden

konnte. Die Säure erschien schuppig krystallinisch ganz in der Weise wie die aus den früher untersuchten Portionen abgeschiedene, denselben Schmelzpunkt besitzende.

Die 18te und 19te Säureportion wurden zusammen aus Alkohol umkrystallisirt. Der Schmelzpunkt stieg dadurch stetig, bis er nach dreimaliger Wiederholung dieser Operation constant wurde. Er betrug ebenfalls $53^{\circ},8$ C. Das Aussehen der gewonnenen Säure stimmte ganz mit dem der früher abgeschiedenen Säure von diesem Schmelzpunkt überein.

Endlich die 20ste und letzte Säureportion, welche selbst nach Zusatz eines Ueberschusses von Ammoniak und von essigsaurer Magnesia, so wie einer nicht unbedeutenden Menge Wasser in der Lösung blieb und deren Schmelzpunkt bei $39^{\circ},7$ C. lag, erhöhte beim Umkrystallisiren ihren Schmelzpunkt stetig, so dafs er, nachdem diese Operation viermal wiederholt war, auf $43^{\circ},6$ C. gestiegen war. Durch fernere Umkrystallisation liefs er sich nicht weiter verändern. Als der Schmelzpunkt bei 42° C. lag, erstarrte die Säure in deutlichen aber weniger schönen Nadeln, als die Mischung von Palmitinsäure mit wenig Stearinsäure, welcher man bis dahin den Namen Margarinsäure beigelegt hat, und die auch einen etwa 2° C. niedrigeren Schmelzpunkt besitzt, als die reine Palmitinsäure. Die Vermuthung lag nahe, dafs ein Gemisch von der bei $43^{\circ},6$ C. schmelzenden Säure mit einer kleinen Menge der bei $53^{\circ},8$ C. schmelzenden ebenfalls die Eigenschaft in Nadeln zu erstarren besäfsse, eine Vermuthung, die, wie ich später zeigen werde, sich vollkommen bestätigt hat. Die bei $43^{\circ},6$ C. schmelzende Säure krystallisirte aber schuppig krystallinisch, wie die Stearinsäure, Palmitinsäure und die bei $53^{\circ},8$ C. schmelzende Säure. Sie war eine reine Substanz; denn durch partielle Fällung mittelst essigsaurer Baryterde schied ich sie in zwei Säureportionen, deren Schmelzpunkte nicht wesentlich von dem der zu diesem Versuch verwendeten Säure abwich. Dafs sie auch durch Umkrystallisiren nicht

weiter verändert werden konnte, ist schon oben erwähnt worden.

Um die Abwesenheit noch einer anderen, noch schwerer durch essigsäure Magnesia fällbaren Säure, als die bei $43^{\circ},6$ C. schmelzende, darzuthun mischte ich alle die Lösungen, welche von dieser Säure abgepresst worden waren zusammen und fällte sie partiell mit essigsaurer Baryterde. Die aus dem zuerst gefällten Barytsalz abgeschiedene Säure schmolz bei $32^{\circ},7$ C., die folgende bei $33^{\circ},3$ C., die dritte bei $34^{\circ},7$ C., die vierte bei $36^{\circ},5$ C., die fünfte bei 37° C., die sechste und letzte bei 38° C. In der Lösung war kaum eine Spur der fetten Säure zurückgeblieben. Als die letzten drei Portionen jede für sich umkrystallisirt wurden, steigerte sich ihr Schmelzpunkt allmählig, am schnellsten bei der letzten, weniger schnell bei der bei 37° C. und äußerst langsam bei der bei $36^{\circ},5$ C. schmelzenden Säure. Doch lieferten alle drei endlich noch geringe Mengen der bei $43^{\circ},6$ C. schmelzenden Säure. Die übrigen Säureportionen wurden nicht weiter umkrystallisirt, da sie noch von der bei $53^{\circ},8$ C. schmelzenden Säure enthalten mußten. Später zu erwähnende Versuche beweisen, daß Gemische dieser Säure mit der bei $43^{\circ},6$ C. schmelzenden einen niedrigeren Schmelzpunkt besitzen, als die letztere und dadurch ist der Umstand zu erklären, daß jene zuerst abgeschiedenen Säureportionen so leicht schmelzbar sind.

Hiernach enthält der Wallrath in wesentlicher Menge nur vier Verbindungen des Aethals und Stetals, und zwar sind folgende Säuren darin gefunden worden:

- 1) *Stearinsäure* deren Schmelzpunkt bei $69^{\circ},2$ C. liegt.
- 2) *Palmitinsäure* „ „ „ „ „ 62° „ „
- 3) Eine bei $53^{\circ},8$ C. schmelzende Säure, welcher ich von nun an den Namen *Myristinsäure* geben will.
- 4) Eine bei $43^{\circ},6$ C. schmelzende Säure, welche wie die Analysen ergeben, mit der *Laurostearinsäure* identisch ist.

Ich werde zunächst die Untersuchungen folgen lassen, welche die Identität der von mir abgeschiedenen Säuren

mit Playfair's Myristinsäure und mit Marsson's Lauröstearinsäure darthun.

Untersuchung der Myristinsäure.

Die Myristinsäure, welche von Playfair ¹⁾ in den Verseifungsproducten der Muskatbutter aufgefunden worden ist, schmilzt nach ihm bei 49° C. Die von mir dargestellte besitzt allerdings einen höheren Schmelzpunkt, allein schon in meinem frühern Aufsätze über den Wallrath ²⁾ habe ich dargethan, daß Playfair's Myristinsäure von einer kohlenstoffärmeren Säure nicht vollkommen frei gewesen seyn kann. Durch Beimischung einer solchen mußte der Schmelzpunkt der Myristinsäure nothwendig erniedrigt werden. Meine Analysen der bei 53°,8 C. schmelzenden Säure, welche ich aus dem Wallrath gewonnen habe, so wie ihrer Verbindungen beweisen aber, daß ihr die Formel $C^{28}H^{28}O^4$, welche der Myristinsäure zugeschrieben wird, angehört.

Von den Eigenschaften dieser Säure kann ich nur wenig anführen. Im Aeußern unterscheidet sie sich von der Palmitinsäure gar nicht. Sie besitzt, wenn sie nach dem Schmelzen wieder erstarrt ist, dasselbe schuppig krystallinische Gefüge, wie diese. Doch ist ihr Schmelzpunkt niedriger. Er liegt, wie schon erwähnt bei 53°,8 C. In Alkohol löst sie sich etwas leichter, als die Palmitinsäure, und scheidet sich daraus bei hinreichender aber nicht zu großer Concentration der Lösung in perlmutterartig glänzenden Blättchen zum Theil wieder ab.

Die Analyse der Myristinsäure selbst hat zu folgenden Zahlen geführt.

I. 0,2107 Grm. lieferten 0,5669 Grm. Kohlensäure und 0,2329 Grm. Wasser.

II. 0,2077 Grm. gaben 0,5582 Grm. Kohlensäure und 0,2292 Grm. Wasser.

Diese Zahlen entsprechen folgender Zusammensetzung:

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 37, S. 152. *

2) Poggend. Ann. Bd. 87, S. 272 — 274. *

	I.	II.	berechnet	
Kohlenstoff	73,38	73,30	73,68	28 C
Wasserstoff	12,28	12,26	12,28	28 H
Sauerstoff	14,34	14,44	14,04	4 O
	100	100	100	

Um nun auch einige der Verbindungen dieser Säure zu untersuchen, stellte ich dieselben genau so dar, wie früher die Salze der Palmitinsäure und Stearinsäure. Aus dem, wie bei diesen Gelegenheiten ausführlich angegeben, dargestellten Natronsalze, welches in etwas verdünntem Alkohol gelöst war, wurde durch doppelte Zersetzung mit salpetersaurem Silberoxyd, salpetersaurem Bleioxyd und schwefelsaurem Kupferoxyd, das Silber-, Blei- und Kupferoxydsalz gewonnen, welche durch Waschen mit Spiritus und endlich mit Wasser vollkommen gereinigt wurden. Das Barytsalz wurde durch Vermischen der heißen alkoholischen Lösung der Myristinsäure mit einer heißen concentrirten, wässrigen Lösung von essigsaurer Baryterde und Abkühlen der Mischung niedergeschlagen, worauf es zuerst mit verdünntem Alkohol, dann mit heißem Wasser ausgewaschen wurde. Endlich die myristinsäure Magnesia wurde durch Vermischen der mit überschüssigem Ammoniak und einer wässrigen Salmiaklösung versetzten alkoholischen Lösung der Myristinsäure mit einer Lösung von schwefelsaurer Magnesia und Waschen der gefällten Verbindung mit Wasser dargestellt.

Auch die Aethyloxydverbindung dieser Säure habe ich dargestellt. Sie entsteht sehr leicht, wenn man trocknes salzsaures Gas durch eine kochendheiße Lösung derselben in absolutem Alkohol leitet. Sie scheidet sich jedoch erst aus, wenn die Mischung erkaltet, oder wenn der Alkohol durch das Kochen zum größten Theil verdunstet ist. Um diesen Körper zu reinigen, liefs ich die Flüssigkeit vollkommen erkalten, worauf sich auf dem Chlorwasserstoff enthaltenden Alkohol eine ölige Schicht ansammelte, von der mit Hülfe einer Pipette der Alkohol abgesogen wurde. Der rückständige Aether wurde mehrmals mit kaltem Wein-

geist geschüttelt und der nun über dem Aether sich sammelnde Alkohol jedesmal auf dieselbe Weise möglichst weggenommen. Darauf wurde derselbe mit wenig Alkohol erhitzt, wobei er sich vollkommen löste. Beim Erkalten schied er sich von Neuem in flüssiger Form aus. Der Alkohol wurde wieder mit Hülfe der Pipette möglichst entfernt, und darauf der Aether einer etwas niedrigeren Temperatur ausgesetzt, wodurch er in sehr schönen großen Krystallen anschoß, welche sehr hart waren, aber äußerst leicht schmolzen. Von der fetten Masse wurde der Rest des Alkohols abgegossen, worauf der Aether mit kaltem Alkohol noch mehrmals abgespült wurde.

Die Untersuchung dieser sechs Verbindungen der Myristinsäure hat Folgendes ergeben.

Myristinsaures Silberoxyd.

Diese Substanz ist ein schneeweisses, am Licht sich nur äußerst wenig graulich färbendes, sehr voluminöses, selbst mit dem Mikroskop betrachtet, nicht krystallinisch erscheinendes, Pulver, welches schon an der Luft getrocknet alles hygroscopische Wasser abgiebt, und bis über den Kochpunkt des Wassers erhitzt werden kann, ohne sich zu zersetzen. Bei stärkerer Hitze zersetzt es sich noch ehe es schmilzt.

Bei der Analyse dieser Verbindung erhielt ich folgende Zahlen.

- I. 0,5083 Grm. derselben lieferten 0,1637 Grm. Silber.
 II. 0,3507 Grm. gaben 0,6407 Grm. Kohlensäure, 0,2533 Grm. Wasser und 0,1130 Grm. Silber.

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	—	49,82	50,15	28 C
Wasserstoff	—	8,03	8,06	27 H
Sauerstoff	—	9,93	9,55	4 O
Silber	32,21	32,22	32,24	1 Ag
	100.		100.	

Myristinsaures Bleioxyd.

Dieses Salz stellt ein schneeweißes, sehr lockeres, selbst unter dem Mikroskop nicht krystallinisch erscheinendes, Pulver dar, welches ungefähr zwischen 110° und 120° zu einer farblosen Flüssigkeit schmilzt, die beim Erkalten zu einer weißen undurchsichtigen, nicht krystallinischen Masse gesteht. Bei höherer Temperatur bräunt und schwärzt es sich und scheidet unter Entwicklung brennbarer Gase metallisches Blei aus.

I. 0,4271 Grm. dieser Verbindung lieferten 0,0923 Grm. Blei und 0,0446 Grm. Bleioxyd, im Ganzen also 0,1337 Grm. Blei.

II. 0,2574 Grm. derselben gaben 0,478 Grm. Kohlensäure, 0,189 Grm. Wasser, 0,0073 Grm. Blei und 0,0788 Grm. Bleioxyd, im Ganzen also 0,0804 Grm. Blei.

Aus diesen Zahlen folgt folgende Zusammensetzung dieses Salzes.

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	—	50,65	50,82	28 C
Wasserstoff	—	8,16	8,16	27 H
Sauerstoff	—	9,95	9,68	4 O
Blei	31,30	31,24	31,34	1 Pb
		100.	100.	

Myristinsaures Kupferoxyd ist ein bläulichgrünes sehr lockeres und voluminöses Pulver, welches unter dem Mikroskop als aus kleinen äußerst feinen Nadelchen bestehend erscheint, und bei einer Temperatur, die den Kochpunkt des Wassers etwas übersteigt, sich dunkler blaugrün färbt und zusammensintert, ohne gerade zu schmelzen. Bei noch höherer Temperatur wird es unter Abscheidung von metallischen Kupfer zersetzt.

I. Aus 0,5066 Grm. dieses Salzes erhielt ich 0,0772 Grm. Kupferoxyd.

II. 0,2561 Grm. desselben gaben 0,607 Grm. Kohlensäure, 0,2403 Grm. Wasser und 0,0397 Grm. Kupferoxyd.

III. 0,2388 Grm. lieferten 0,5685 Grm. Kohlensäure, 0,2254 Grm. Wasser und 0,0368 Grm. Kupferoxyd.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung des myristinsäuren Kupferoxyds.

	I.	II.	III.	Berechnet.	
Kohlenstoff	—	64,65	64,93	64,97	28 C
Wasserstoff	—	10,43	10,49	10,44	27 H
Sauerstoff	—	9,42	9,17	9,28	3 O
Kupferoxyd	15,24	15,50	15,41	15,31	1 Cu
		100.	100.	100.	

Myristinsäure Baryterde.

Dieses Salz ist ein weißes, perlmutterartig glänzendes, sehr leichtes, krystallinisches Pulver, welches in höherer Temperatur zersetzt wird, bevor es schmilzt. Es erscheint unter dem Mikroskop als aus lauter äußerst dünnen Blättchen zusammengesetzt, deren Form bei meinem Salz nicht deutlich erkennbar war.

I. 0,4185 Grm. dieser Verbindung gaben 0,1639 Grm. schwefelsaurer Baryterde.

II. 0,2836 Grm. derselben lieferten bei der Elementaranalyse 0,571 Grm. Kohlensäure und 0,2322 Grm. Wasser und im Schiffchen blieben 0,0934 Grm. kohlenaurer Baryterde.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	—	56,92	56,85	28 C
Wasserstoff	—	9,10	9,14	27 H
Sauerstoff	—	8,40	8,12	3 O
Baryterde	25,72	25,58	25,89	1 Ba
		100.	100.	

Myristinsäure Magnesia

ist ein äußerst lockeres Pulver, welches mit Hilfe des Mikroskops als aus äußerst kleinen Nadelchen bestehend erkannt wird. Bei einer Temperatur, die den Kochpunkt des Wassers übersteigt, sintert es allmähig zusammen und wird bei 140° in eine durchsichtige, aber nicht flüssige Masse umgewandelt. Bei 150° C. wird es schon etwas

fließender, ohne daß jedoch die einzelnen Tröpfchen leicht zusammenfließen. Bei noch verstärkter Hitze wird es zersetzt. Diese Verbindung enthält noch Wasser, selbst wenn sie mehrere Wochen lang der Luft ausgesetzt war. In einem Versuch verloren 0,7025 Grm. derselben, als sie bis 140° C. erhitzt worden waren, 0,0673 Grm., in dem zweiten 0,2381 Grm. 0,0226 Grm. Wasser. Hiernach enthält die myristinsäure Magnesia 9,58 und 9,49, im Mittel 9,54 Proc. Wasser.

Bei der Analyse der bei 140° C. getrockneten Verbindung erhielt ich folgende Zahlen.

I. 0,4356 Grm. gaben 0,036 Grm. Magnesia.

II. 0,2016 Grm. lieferten 0,5183 Grm. Kohlensäure und 0,0171 Grm. Magnesia. Die Wasserbestimmung verunglückte.

III. Aus 0,2155 Grm. derselben erhielt ich 0,552 Grm. Kohlensäure, 0,2186 Grm. Wasser und 0,018 Grm. Magnesia.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung dieses Körpers.

	I.	II.	III.	Berechnet.	
Kohlenstoff	—	70,11	69,86	70,29	28 C
Wasserstoff	—	—	11,27	11,30	27 H
Sauerstoff	—	—	10,52	10,04	3 O
Magnesia	8,26	8,48	8,35	8,37	1 Mg
			100.	100.	

Demnach kann die Zusammensetzung der myristinsäuren Magnesia durch die Formel $C^{28}H^{27}O^3 + MgO$ ausgedrückt werden. Der Wassergehalt scheint drei Atome zu betragen, denn in diesem Falle müßte der beim Trocknen der an der Luft von anhaftendem Wasser befreiten Verbindung durch höhere Temperatur 10,15 Proc. betragen. Er war ein wenig geringer, ohne Zweifel, weil das nur schwach gebundene Wasser auch bei gewöhnlicher Temperatur allmählig entweicht. Die Formel der wasserhaltigen Verbindung ist daher $C^{28}H^{27}O^3 + MgO + 3HO$.

Myristinsäures Aethyloxyd.

Dieser Aether ist vollkommen farblos, und bei gewöhnlicher Zimmertemperatur flüssig, gesteht aber bei stärkerer Abkühlung zu einer schön krystallisirten Masse. Lässt man ihn auf verdünntem Alkohol schwimmen und setzt ihn dann einer sehr allmählig abnehmenden Temperatur aus, so krystallisirt er oft in sehr schönen großen Krystallen, die man aber nicht leicht genauer untersuchen kann, weil sie bei der geringsten Temperaturerhöhung, selbst schon durch die von dem Beobachter selbst ausstrahlende Wärme flüssig wird, oder wenigstens die scharfen Kanten oder Ecken verliert. In heißem Alkohol ist er leicht löslich.

Bei der Analyse dieser Verbindung erhielt ich folgende Zahlen:

I. 0,1737 Grm. derselben lieferten 0,4767 Grm. Kohlensäure und 0,1957 Grm. Wasser.

II. 0,2133 Grm. gaben 0,585 Grm. Kohlensäure und 0,2397 Grm. Wasser.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	74,85	74,80	75,00	32 C
Wasserstoff	12,52	12,49	12,50	32 H
Sauerstoff	12,63	12,71	12,50	4 O
	100	100	100	

Die Formel für diese Verbindung ist daher $C^{28}H^{27}O^3 + C^4H^5O$.

Die Analysen sowohl der Säure selbst, als ihrer Verbindungen stützen vollkommen die Ansicht, dass dieselbe der Formel $C^{28}H^{27}O^3 + HO$ gemäß zusammengesetzt ist, und dass in ihren Verbindungen mit basischen Substanzen das Wasser durch eine äquivalente Menge der Basis ersetzt ist. Diese Säure ist daher *Myristinsäure*.

Untersuchung der Laurostearinsäure.

Die Laurostearinsäure ist zuerst von Marsson¹⁾ in den Verseifungsproducten der fetten Substanz der Lorbeer-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 41, S. 329.*

ren aufgefunden worden. Nach ihm stellte sie Sthamer ¹⁾ aus der fetten Substanz der Pichurimbohnen (*fabae pichurim majores*) dar. Endlich fand sie Görgey ²⁾ in den Verseifungsproducten des Cocosnufsöles. Die beiden letzteren haben sie Pichurimalgsäure genannt. Doch verdient der von dem Entdecker dieser Säure ihr ertheilte Name, Laurostearinsäure den Vorzug, der vielleicht nur der Bequemlichkeit wegen in Laurinsäure verkürzt werden könnte.

Die aus dem Wallrath gewonnene Laurostearinsäure schmolz bei 43°,6 C., während die oben genannten Chemiker ihrer Laurostearinsäure den Schmelzpunkt 43° C. oder 42—43° C. ertheilen. Marsson sagt von ihr, sie sey in Alkohol sehr leicht löslich, und krystallisire weder aus starkem, noch aus schwachem Alkohol beim Erkalten heraus. Sthamer bestätigt dies nur zum Theil, indem er angiebt, dafs er sie allerdings aus verdünntem Alkohol habe heraus krystallisiren sehen. Görgey dagegen fand, dafs sie bei 0° C. auch aus starkem Alkohol krystallisiren könne. Ich kann letzteres bestätigen. Allerdings gehört dazu eine Temperatur, über welche man im Sommer nicht leicht gebieten kann, ein Umstand, der Marsson und Sthamer ohne Zweifel zu dem Irrthum verleitet hat. Die aus dem Wallrath gewonnene Laurostearinsäure ist eine feste, fast durchscheinende, aber doch schuppig krystallinische Substanz. Sthamer beschreibt sie als nadelig krystallinisch erstarrend, ein Umstand, der im Verein mit dem, dafs er den Schmelzpunkt seiner Säure um 0°,6 C. zu niedrig fand, es höchst wahrscheinlich macht, dafs die von ihm untersuchte Säure noch eine geringe Menge Myristinsäure enthielt. Denn ich werde später zeigen, dafs die Laurostearinsäure durch Zusatz einer geringen Menge dieser Säure einen niedrigeren Schmelzpunkt und nadelförmige Krystallisation annimmt.

Zur

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 53, S. 393. *

2) Ebend. Bd. 66, S. 305. *

Zur Feststellung der Zusammensetzung dieser Säure habe ich theils sie selbst analysirt, theils ihr Silberoxyd, Bleioxyd und Baryterdesalz, welche genau ebenso dargestellt wurden, wie die entsprechenden myristinsäuren Verbindungen. Leider verbot die geringe Menge der gewonnenen reinen Säure eine weitere Ausdehnung der Untersuchung auf andere Verbindungen. Die Resultate derselben werden jedoch genügen, um die Zusammensetzung der Säure aufser Zweifel zu setzen.

Das Laurostearinsäurehydrat lieferte bei der Analyse folgende Zahlen:

I. Aus 0,2047 Grm. erhielt ich 0,5403 Grm. Kohlensäure und 0,2216 Grm. Wasser.

II. 0,2176 Grm. gaben 0,5732 Grm. Kohlensäure und 0,2337 Grm. Wasser.

Diese Zahlen entsprechen folgender Zusammensetzung:

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	71,98	71,84	72,00	24 C.
Wasserstoff	12,03	11,94	12,00	24 H
Sauerstoff	15,99	16,22	16,00	4 O
	100	100	100	

Laurostearinsäures Silberoxyd.

Diese Verbindung gleicht vollkommen dem entsprechenden myristinsäuren Salze. Mittelst des Mikroskops überzeugt man sich aber leicht, dafs sie aus äufserst kleinen, feinen Nadelchen besteht. Sie ist schneeweifs, färbt sich am Licht kaum merklich grau und zersetzt sich in der Hitze, bevor sie schmilzt.

Bei der Analyse erhielt ich folgende Zahlen:

I. 0,5782 Grm. hinterliessen beim Glühen 0,2032 Grm. Silber.

II. 0,3273 Grm. lieferten 0,220 Grm. Wasser und 0,1155 Grm. Silber. Die Kohlensäurebestimmung ging verloren.

III. Aus 0,2716 Grm. erhielt ich 0,465 Grm. Kohlensäure, 0,183 Grm. Wasser und 0,0958 Grm. Silber.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung dieses Salzes:

	I.	II.	III.	Berechnet.	
Kohlenstoff	—	—	46,69	46,91	24 C
Wasserstoff	—	7,47	7,49	7,49	23 H
Sauerstoff	—	—	10,55	10,42	4 O
Silber	35,14	35,29	35,27	35,18	1 Ag
			100.	100.	

Laurostearinsaures Bleioxyd.

Dieser Körper verhält sich ganz wie das entsprechende myristinsäure Salz. Er ist ein schneeweißes, sehr lockeres, auch mittelst des Mikroskops betrachtet, vollkommen unkrystallinisch erscheinendes, bei 110° bis 120° C. schmelzendes Pulver. Wenn es im geschmolzenen Zustande der Erkaltung überlassen wird, so erstarrt es zu einer opaken, unkrystallinischen Masse.

Die Analysen dieser Verbindung führten zu folgenden Zahlen:

I. 0,6302 Grm. derselben hinterließen nach dem Verbrennen 0,0568 Grm. Bleioxyd und 0,1641 Grm. Blei. Welche im Ganzen 0,2168 Grm. Blei entsprechen.

II. 0,2671 Grm. lieferten 0,1825 Grm. Wasser und 0,4606 Grm. Kohlensäure, so wie 0,0727 Grm. Bleioxyd und 0,0249 Grm. Blei.

Hieraus ergibt sich folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	—	47,03	47,59	24 C
Wasserstoff	—	7,59	7,60	23 H
Sauerstoff	—	10,79	10,57	4 O
Blei	34,40	34,59	34,24	1 Pb
		100.	100.	

Laurostearinsäure Baryterde.

Diese Verbindung verhält sich dem entsprechenden myristinsäuren Salze ganz analog. Sie bildet ein feines, leichtes, weißes, perlmutterglänzendes Pulver, welches in höherer Temperatur sich zersetzt, bevor es schmilzt. Unter dem Mikroskop betrachtet, stellt es ebenfalls äußerst dünne

Blättchen dar, an denen ich jedoch keine bestimmte Form entdecken konnte.

Die Analyse derselben führte zu folgenden Zahlen:

I. Aus 0,6234 Grm. dieses Salzes erhielt ich 0,2708 Grm. schwefelsaure Baryterde.

II. 0,2932 Grm. desselben lieferten 0,553 Grm. Kohlensäure 0,227 Grm. Wasser und 0,1065 Grm. kohlensaure Baryterde.

Hieraus folgt folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	—	53,65	53,83	24 C
Wasserstoff	—	8,60	8,60	23 H
Sauerstoff	—	9,54	8,97	3 O
Baryterde	28,52	28,21	28,60	1 Ba
		100.	100.	

Nach diesen Resultaten besteht die Säure aus $C^{24}H^{23}O^3 + HO$, in welcher Zusammensetzung, wenn dieselbe sich mit Basen verbindet, an Stelle des Wasseratoms ein Aequivalent der letzteren eintritt. Die Säure ist identisch mit der *Laurostearinsäure*.

Hiernach hat sich in der That meine Vermuthung vollständig bestätigt, dafs in den Verseifungsproducten des Wallraths ebenso wenig wie in denen der Butter eine Säure enthalten ist, welche, der allgemeinen Formel $C^nH^{n-1}O^3 + HO$ angehörend, nicht durch die Formel $C^{n-1}H^{n-2}O^3 + HO$ ($n =$ ganze Zahl) ausgedrückt werden könnte. Der Wallrath besteht wesentlich aus den Aethyl- und Stethylverbindungen von nur vier fetten Säuren, der Stearinsäure $C^{36}H^{35}O^3 + HO$, Palmitinsäure $C^{32}H^{31}O^3 + HO$, Myristinsäure $C^{28}H^{27}O^3 + HO$ und Laurostearinsäure $C^{24}H^{23}O^3 + HO$.

(Schluss im nächsten Heft.)

VII. Ueber die Leitungsfähigkeit für Elektricität,
welche Isolatoren durch Temperaturerhöhung
annehmen; von W. Beetz.

(Der Königl. Acad. d. Wissensch. zu Berlin mitgetheilt am 13. Juni d. J.)

Die Angaben, welche verschiedene Physiker über die Eigenschaft vieler Stoffe gemacht haben, durch Temperaturerhöhung aus dem Zustande der Isolatoren in den der Leiter überzugehen, beziehen sich auf so ungleichartige Körper, daß es fast unmöglich scheint, die Erscheinungen alle auf denselben Grund zurückzuführen. Durch die Versuche von Davy ¹⁾ ist festgestellt, daß das Leitungsvermögen der metallischen Leiter durch Erwärmung derselben abnimmt, während bei den elektrolytischen Leitern unter gleichen Umständen nach Ohm's ²⁾ Beobachtung eine Widerstandsabnahme stattfindet. Wenn daher ein Körper durch Erwärmung aus dem Zustande des Nichtleiters, d. h. aus dem des sehr schlechten Leiters, in den eines Leiters oder besseren Leiters übergeht, so kann man sich eine solche Veränderung zwar sehr wohl bei zusammengesetzten Körpern, gar nicht aber bei Elementen erklären. Im Folgenden habe ich die Versuche beschrieben, durch welche ich alle diese verschiedenen Angaben auf einen gemeinsamen Gesichtspunkt zurückgeführt zu haben hoffe.

Von den Elementen, welche bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind, verhält sich das eine, das Quecksilber, in jeder Beziehung als Leiter erster Klasse, und nimmt daher, wie aus den Messungen von E. Becquerel ³⁾ hervorgeht, durch Erwärmung an Leitungsfähigkeit ab. Das andere, Brom, ist nach Balard's Versuchen ⁴⁾ ein Nichtleiter der galvanischen Elektricität; eine Schicht von 3 bis

1) *Phil. Transact.* 1821. p. 431*; *Gilb. Ann.* LXXI. 241*.

2) *Poggend. Ann.* LXIII. 403.*

3) *Ann. d. chim. et d. phys.* 3. Sér. XVII. 234*.

4) *Ann. d. chim. et d. phys.* XXXII. 345; *Pogg. Ann.* VIII. 123*.

4 Linien in den Kreis einer Säule eingeschaltet, liefs in einem Zersetzungsapparate jede wahrnehmbare Wirkung aufhören. Dasselbe Ergebnifs erhielt de la Rive¹⁾, der zugleich die Bemerkung hinzufügt, dafs nach einer mündlichen Mittheilung Faraday's auch flüssiges Chlor nicht leite, und dafs die Säule ganz ohne Wirkung auf dasselbe sey. Solly²⁾ fand das Brom nichtleitend, das flüssige Chlor hielt er anfangs für leitend, als aber die Röhre, in der es enthalten war, sorgfältig abgewischt wurde, erwies es sich als vollkommener Nichtleiter. Ich habe das Brom ebenfalls immer als vollständigen Nichtleiter für galvanische Elektricität erkannt, wenn es sorgfältig genug von beigemischtem Wasser befreit war. Durch Schmelzung flüssig gemachte Elemente sind gröfstentheils schon im festen Zustande metallische Leiter gewesen, und verlieren daher beim Erhitzen an Leitungsvermögen. Von den Nichtmetallen hat Faraday³⁾ gezeigt, dafs Schwefel und Phosphor auch flüssig nicht leiten; ganz unerwartet ist demnach die Angabe von J. Inglis⁴⁾, dafs Jod durch Schmelzung leitend wird. Der zu prüfende Stoff befand sich hierbei in einer an beiden Enden versiegelten Glasröhre, in welche zwei Platindrähte eingeführt waren. Solly⁵⁾ widersprach dieser Erfahrung; weder durch die Wollaston'sche Methode, bei welcher der untersuchte Körper in eine Leitung geschaltet wird, deren beide aus verschiedenen Metallen bestehenden Enden an die Zunge gelegt wurden, konnte er irgend einen Geschmack wahrnehmen, noch auch zeigte sich eine Zersetzung einer Jodkaliumlösung durch eine sechzig-paarige Säule, wenn die Leitung durch eine $\frac{1}{20}$ Zoll dicke Schicht von geschmolzenem Jod unterbrochen war.

Trotzdem aber hat neuerdings Palmieri⁶⁾, sich auf

- 1) *Ann. d. chim. et. d. phys.* XXXV. 160*; *Pogg. Ann.* X. 307*.
- 2) *Phil. Mag.* 3. Ser. VIII. 130*; *Pogg. Ann.* XXXVII. 420*.
- 3) *Exp. Res.* p. 405*.
- 4) *Bibl. univ. d. Gen. Nouv. Sér. I.* 167*; *Lieb. u. Tromsd. Ann. d. Pharm.* XVIII. 168*; *Phil. Mag.* 3. Ser. VII. 441.
- 5) *A. a. O.*
- 6) *Rendic. della R. Acc. d. Nap.* IX, 161*.

die Versuche von Inglis stützend, und ohne derer von Solly zu erwähnen, Ketten aus drei Elementen construiert, z. B. aus zwei Metallen und Jod, wobei das letztere die Stelle des Elektrolyten vertritt. Ich würde auf diese Arbeit gar keine Rücksicht nehmen, da derselbe Physiker ebenso gut Säulen aus drei Metallen zusammenstellt ¹⁾, deren eines Quecksilber ist, deren Wirkung offenbar keiner anderen Ursache, als der dem Quecksilber anhängenden Feuchtigkeit zuzuschreiben ist; die Angaben über die Jodketten sind indess so einfach, daß man kaum glaubt, in ihnen einen Irrthum voraussetzen zu dürfen. Eine Glasflasche, welche eine Unze oder mehr Jod hielt, wurde mit einem Korkstöpsel geschlossen, eine Platin- und eine Eisenplatte wurden mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden, dann das Jod geschmolzt, während der Stöpsel öfters gelüftet wurde und dann wurden die Platten in die flüssige Masse getaucht. Sogleich gab das Galvanometer einen Strom an, der im Draht vom Platin zum Eisen ging. Das gebrauchte Jod zeigte zuerst keinen merklichen Rückstand, wenn es auf Platinblech verdampft wurde, bei öfterer Wiederholung des Versuches entstand ein geringer Rückstand, in welchem sich Spuren von Eisen zeigten. Noch stärker war diese Wirkung, als Jod in einem Platintiegel geschmolzt und eine Eisenplatte in dasselbe getaucht wurde, während beide Metalle mit dem Galvanometer verbunden waren.

Um zuerst über die Thatsache der Leitungsfähigkeit des flüssigen Jods eine Entscheidung zu bekommen, stellte ich folgende Versuche an: In eine kleine Jod enthaltende Porcellanschale wurden zwei, mit einem Galvanometer verbundene, Platindrähte getaucht, und darauf die Schale erhitzt. Als das Jod zu schmelzen begann, wich das astatische System um etwa 15° ab; wurde das Jod erst geschmolzt und dann die Drähte eingetaucht, so war die Ablenkung etwas geringer, wahrscheinlich weil sich die kalten Drähte mit einer Schicht von erstarrendem Jod bedeckten. Eine Leitung war also vorhanden, wenn auch

1) *Rendic. della R. Acc. d. Nap. IX p. 73.* *

eine sehr geringe. Um zu erfahren, ob diese Leitung eine metallische oder eine elektrolytische war, wurden die Platindrähte an eine Wippe so befestigt, daß in einer Lage derselben die Säule, in der anderen Lage das Galvanometer mit ihnen verbunden war. Nachdem so der Strom einige Zeit hindurch von einem Draht durch das Jod zum anderen gegangen war, wurde die Wippe umgeschlagen; es zeigte sich eine schwache Ladung der Drähte, welche die Nadel um 1 bis 4 Grad abweichen liefs, jedesmal in dem Sinne, in welchem sie bei einer jeden galvanischen Zersetzung eintreten mufs. Die Leitung war demnach elektrolytisch oder doch zum Theil elektrolytisch, und konnte in sofern nicht dem Jod selbst eigenthümlich seyn. Um zu erfahren, ob vielleicht eine schleunige Auflösung von Platin im Jod die geringe Menge des Elektrolyten, der hier zersetzt wurde, liefert, wurden die Platindrähte durch Graphitstücke ersetzt, welche Substanz von Faraday ¹⁾ zu Polplatten bei der Elektrolyse von Chloriden und Jodiden angewandt wurde, ohne einen Angriff zu erleiden; die Leitung fand aber auch jetzt noch statt, und mußte also ihren Grund in einer geringen Verunreinigung des Jods haben. Nachdem etwa eine Unze dieses Stoffes zweimal bei gelinder Hitze umsublimirt war, so daß jedesmal nur ungefähr die Hälfte der angewandten Masse verdampft war, wurden die Versuche mit diesem gereinigten Jod wiederholt. Die Nadel wich jetzt ebenfalls ab, wenn das geschmolzene Jod in die Leitung, welche das Galvanometer enthielt, gebracht wurde, aber höchstens bis zu 5 Grad, und auch jetzt noch zeigten sich die Poldrähte geladen. Ich suchte endlich auf elektrolytischem Wege die Verunreinigung zu zerstören, indem ich das Jod in eine Glasröhre brachte, in welche zwei Platindrähte geführt waren, und welche darauf völlig zugeschmolzt wurde, die Ablenkung sank ein wenig, blieb dann aber ziemlich constant, wiewohl eine sechs-paarige Zinkeisenkette drei Stunden darauf wirkte. Bis zuletzt blieben die Platindrähte polarisirt, aber die Leitung elek-

1) *Exp. Res.* 794*.

trolytisch. Als jetzt das Glas geöffnet und das Jod geprüft wurde, gab es beim Verdampfen einen schwachen Rückstand. Ich glaube demnach mit Bestimmtheit schließen zu können, daß die sehr geringe Leitungsfähigkeit des gereinigten Jods der Beimischung einer kleinen Menge eines flüchtigen Elektrolyten (Jodwasserstoffsäure?) zuzuschreiben ist, daß aber bei längerer Wirkung des Stromes durch den Angriff, den die Elektroden erfahren, immer wieder neue, wenn auch sehr geringe, Mengen eines Elektrolyten dem Jod beigemischt werden, während dieser Stoff selbst durchaus nicht leitet; und somit bleibt überhaupt kein Element übrig, welches durch seinen Uebergang in den flüssigen Zustand zu einem besseren Leiter wird.

Ueber die zusammengesetzten Isolatoren, welche durch Schmelzung leitend werden, haben die umfassenden Versuche Faraday's ¹⁾ ein ziemlich helles Licht verbreitet; sie bilden größtentheils nur eine höhere Stufe in der Reihe von Körpern, welche bei gewöhnlicher Temperatur leiten, und bei niedriger Temperatur, beim Erstarren, zu Nichtleitern werden, wie das Wasser, von welchem Franklin ²⁾ und Achard ³⁾ gezeigt haben, daß es in seiner festen Gestalt als Eis die Reibungselektricität isolirt, während später Faraday ⁴⁾ fand, daß seine isolirende Wirkung gegen galvanische Elektricität noch entschiedener sey. Von der Erfahrung jedoch, daß die durch Schmelzung leitend gewordenen Körper dann auch dem Gesetze der festen elektrolytischen Wirkung folgen, fand Faraday einige Verbindungen ausgenommen, über deren Verhalten er in den verschiedenen Reihen seiner Untersuchungen verschiedene Ansichten aufgestellt hat; die wichtigsten derselben sind: Schwefelsilber ⁵⁾, Quecksilberjodid ⁶⁾ und Fluorblei ⁷⁾,

1) *Exp. Res. Ser. V. and VII.*

2) *Exp. and observ. p. 36*.*

3) *Chemisch physiche Schriften, Berl. 1780, S. 11.*

4) *Exp. Res. 384*.*

5) *Ebend. 433, 437, 438, 1340*.*

6) *Ebend. 414, 448, 691, 1341*.*

7) *Ebend. 1340*.*

Stoffe, welche zwar bei zunehmender Temperatur leitend wurden, welche aber keine Spur von Zersetzung zeigten. Ueber die erste dieser Substanzen hat Hittorff¹⁾ so sorgfältige Versuche angestellt, daß ich auf denselben nicht einzugehen brauche; das Schwefelsilber zeigte sich wirklich als Elektrolyt, die abgeschiedenen Silbertheilchen vereinigen sich aber bei weiterer Temperaturzunahme zu einem metallenen Faden oder einer Metallhaut, welche die beiden Enden leitend verbindet, und so den ganzen Leiter als einen metallischen erscheinen läßt. Bei der Abkühlung des Körpers hört mit der Zerreißung des Fadens diese Leitung wieder auf. Noch einen anderen Stoff fügte Hittorff dem Schwefelsilber bei, das Schwefelkupfer, dessen scheinbar metallische Leitung er ebenfalls auf die elektrolytische zurückführt.

In Bezug auf das Quecksilberjodid fügt Faraday bei der Herausgabe seiner Experimentaluntersuchungen dem §. 448 die Bemerkung bei: es ist wohl möglich, daß dieser Fall bei sorgfältigerer Untersuchung verschwindet. In §. 691 wird der Fall in der That sorgfältiger betrachtet. »Der Fall ist eine Ausnahme, und ich glaube die einzige, von dem Gesetz, daß alle Körper, die dem Gesetz der Flüssigkeitsleitung unterworfen sind, zersetzt werden können. Ich bin indess geneigt zu glauben, daß ein Theil Quecksilberjodür im Jodid aufgelöst enthalten ist, und daß seiner geringen Zersetzung die schwache Leitungsfähigkeit zuzuschreiben ist. Jodid würde als ein secundäres Product an der Anode gebildet werden, und das Quecksilber an der Kathode würde ebenso als secundäres Product Jodür bilden. Diese beiden Körper würden sich mit der flüssigen Masse mischen und deshalb keine endliche Trennung sichtbar werden ungeachtet der fortdauernden Zersetzung«. Endlich aber wird §. 1341 gesagt: »Ich zweifle jetzt sehr wenig, daß Quecksilberjodid ein Fall von derselben Art ist« (d. h. ein Fall, in welchem ein Körper durch Schmel-

1) Pogg. Ann. LXXXIV. 1*.

zung eine eigene Leitungsfähigkeit ohne Zersetzung annimmt).

Auch das Quecksilberjodid wurde zu seiner Reinigung zweimal sublimirt, und dann jedesmal zu den Versuchen in ein Glasrohr gebracht, in dessen eines Ende zuvor ein Platindraht geschmolzt war. Darauf wurde das Jodquecksilber längere Zeit im Schmelzen und anfangenden Sieden erhalten, um möglicherweise eingeschlossene Feuchtigkeit zu entfernen, dann wurde noch ein zweiter Platindraht eingeführt, und auch das zweite Ende zugeschmolzt. Aufser diesem Apparat wurde ein Galvanometer mit einfacher Nadel und ein Silbervoltmeter eingeschaltet, und aufserdem mittelst einer Wippe ein zweites Galvanometer mit astatischem System in solche Verbindung gebracht, dafs in jedem Augenblick die beiden Platindrähte mit demselben verknüpft werden konnten. Das mit dem Quecksilberjodid gefüllte Glasrohr wurde in einem Sandbade erwärmt. Bei ungefähr 110° begann jedesmal das Salz zu leiten, während es noch nicht flüssig war; dagegen traf diese Leitungsfähigkeit gerade mit dem Eintritt der gelben Farbe zusammen, welche das Jodid vor anfangendem Schmelzen annimmt. Die Annahme, dafs dieses gelbe Jodid eine eigene Leitungsfähigkeit ohne Zersetzung besitzt, wurde aber dadurch widerlegt, dafs vom ersten Augenblick der Leitung an durch Umschlagen der Wippe eine Polarisation der Platindrähte angegeben wurde. Nun wurde das Glasrohr weiter erhitzt, die Galvanometernadel nahm eine ziemlich feste Stellung an; nach Verlauf einer Stunde wurde der Versuch geschlossen und die Glasröhre aufgebrochen. An keinem der Drähte konnte durch irgend welche Mittel Jod oder Quecksilber wahrgenommen werden, wiewohl im Voltameter 0,005 Grm. Silber niedergeschlagen waren, also ungefähr ebenso viel Quecksilber und 0,006 Grm. Jod hätten abgeschieden seyn müssen. Dennoch war die von Faraday zuletzt ausgesprochene Meinung, dafs das Quecksilberjodid eine eigenthümliche Leitungsfähigkeit habe, nicht aufrecht zu erhalten, weil die Polarisation eine dauernde

Elektrolyse nachwies. Ich hoffte deshalb durch eine längere Wirkung eine vielleicht eingemischte elektrolysirbare Verunreinigung zu entfernen, und führte durch einen neuen Apparat ähnlicher Art (etwa 8 Grm. Jodid haltend) den Strom einer sechs-paarigen Zinkeisensäule vierzehn Stunden lang, während die Masse stark im Flufs gehalten wurde. Die Galvanometernadel nahm bald eine ziemlich ruhige Stellung an, von der sie sich augenscheinlich nur bei Temperaturschwankungen entfernte. Nach Verlauf der angegebenen Zeit waren im Voltameter 0,162 Grm. Silber niedergeschlagen; die Röhre wurde geöffnet, auch jetzt war am negativen Draht kein Quecksilber sichtbar, dagegen war die Masse in der Umgebung des positiven schwarz gefärbt, und als einige Stückchen derselben auf mit Stärkekleister getränktes Papier geworfen wurden, färbte sich dasselbe so tief violett, wie wenn reines Jod darauf gebracht wäre. Da die Galvanometerablenkung unverändert blieb, so ist die Elektrolyse keiner Verunreinigung zuzuschreiben, höchstens hätte dieselbe durch eine sich immer wieder bildende Verunreinigung bedingt seyn können, nämlich, wie Faraday früher annahm, durch Quecksilberjodür. Da aber nach meinen Versuchen freies Jod entwickelt wird, so mufs zuerst in der Umgebung des positiven Drahtes alles dort etwa vorhandene Jodür zu Jodid werden, und wenn dieses selbst nicht leitete, so mufste der Strom unterbrochen werden. Bei den ersten Versuchen, welche nur kurze Zeit dauerten, war offenbar diese Jodidbildung noch nicht vollendet. Ist dieß aber geschehen, so geht die Jodabscheidung merklich vor sich, während am negativen Pol Jodür gebildet wird. Das Jodid mufs also in der That ein Elektrolyt seyn. Eine quantitative Bestimmung des abgeschiedenen Jods ist hier ganz unmöglich, dem Augenscheine nach war es aber weniger als 0,190 Grm., welche nach der Angabe des Voltameters hätten abgeschieden werden müssen, so dafs ich vermuthete, ein Theil dieses Jods habe sich mit dem, durch mechanische Mischung ihm zugeführten Jodür wieder verbunden. Es wurde deshalb

eine sehr kleine Röhre mit Jodid gefüllt, deren Inhalt 0,182 Grm. wog. Nach zehnstündiger Wirkung waren im Voltameter 0,098 Grm. Silber gefällt, wonach 0,114 Grm. Jod hätten frei werden müssen. Das Jodid enthielt aber nur 0,101 Grm. Jod, und doch war die Ablenkung der Galvanometernadel noch immer fast unverändert gewesen, so daß man auf eine stattgehabte Wiedervereinigung schließen muß. Außerlich zeigte sich eine solche auch dadurch, daß die Gränze der schwarzen Färbung weit näher am positiven Ende lag, wiewohl die Menge des abzuscheidenden Jods im vorigen Versuch noch nicht doppelt so groß, dagegen die Weite der Röhre bei demselben viel bedeutender war.

Noch ein zweiter Umstand kann die Jodentwicklung vermindern. Bekanntlich wird das Jodür beim Erwärmen in Quecksilber und Jodid zerlegt. Als ich durch erhitztes Jodür einen galvanischen Strom führte, entwickelte sich am negativen Pol stark Quecksilber, aber auch innerhalb der Masse traten, freilich in viel geringerem Maasse, Quecksilbertheilchen hervor. Diefes muß auch bei dem Jodür der Fall seyn, welches durch die Zerlegung des Jodids entsteht, und im Jodid aufgelöst wird; es können sich also Zweigströme bilden, zu deren Entstehen das Vorhandenseyn eines beide Pole verbindenden Quecksilberfadens garnicht nöthig ist. Am positiven Pol wird immer nur soviel Jod entwickelt, als dem Zweigstrom entspricht, der von diesem Pol unmittelbar durch die geschmolzene Masse, nicht durch Quecksilber ausgeht, während jede Elektrolyse, welche innerhalb der flüssigen Leitung zwischen zweien Quecksilbertheilchen statthat, einerseits soviel Jodid zersetzt, wie sie andererseits bildet, so daß dadurch höchstens die Lage der Quecksilbertheilchen geändert wird.

Ueber das Fluorblei sind Faraday's Angaben (§ 1340) noch bestimmter. «Wenn ein Stück dieser Substanz, welche geschmolzt und abgekühlt war, in den Kreis einer Voltaschen Säule geschaltet wurde, so unterbrach es den Strom. Erhitzt wurde es leitend noch ehe es bei Tages-

licht sichtbar rothglühte; sogar Funken konnten daraus gezogen werden, so lange es noch fest war. Der Strom allein steigerte dann die Hitze bis es schmolz, worauf es ebenso gut zu leiten schien, als das metallene Gefäß, in dem es enthalten war. . . . Während der ganzen Zeit war kaum eine Spur von Zersetzung im Fluorid, und was da war, schien der Luft und Feuchtigkeit der Atmosphäre zuzuschreiben zu seyn, und nicht einer elektrolytischen Wirkung.“ Fremy ¹⁾ zählt dagegen das Fluorblei zu den zersetzbaren Salzen.

Ich stellte Fluorblei aus Fluorkalium und essigsauerm oder salpetersauerm Blei zu verschiedenen Malen mit äußerster Sorgfalt dar. Die elektrischen Eigenschaften fand ich fast, wie sie Faraday angegeben, jedoch leitete die Substanz beträchtlich schlechter als Metalle, aber weit besser als Jodquecksilber. Sobald die Leitung begann, waren auch die berührenden Platinbleche polarisirt. Als die Masse zu schmelzen begann, entwickelte sich am positiven Pol, um welchen sich die Flüssigkeit braun färbte, ein farbloses Gas, welches in kleinen, aber sehr deutlichen Blasen entwich. Um den negativen Pol sammelte sich ein grauer Körper. Nachdem der Proceß eine Stunde gedauert, während welcher Zeit die Galvanometernadel bald auf einen ruhigen Stand zurückgegangen war, wurden die Poldrahte untersucht. Der positive Poldraht war geschwärzt, und sichtlich angegriffen. Die Schwärzung war durch Kochen mit rauchender Salpetersäure oder mit Kali nicht zu vermindern. Der negative Draht war zu einer lockeren Masse aufgeschwollen, in welcher ich eine Legirung aus Blei und Platin erkannte. Hiernach mußte das Gas am positiven Pol Fluor seyn, so daß die Zerlegung ganz analog der des Chlorbleis war. Der spröde und schwammige Zustand der Legirung erlaubte keine sehr genaue Trennung desselben von der umgebenden Flüssigkeit, und daher mag es kommen, daß ich bei einem anderen Versuch im Voltameter 0,014 Grm. Silber niedergeschlagen fand, während der negative Pol-

1) *Compt. rend.* XXXVIII, 393; * *Erdm. u. Werther J.* LXII, 65.*

draht um 0,019 Grm. (statt 0,013) zugenommen hatte. Da nach diesem Versuche das Fluorblei dem elektrolytischen Gesetze fast genau folgt, so fürchtete ich, es möchte irgend eine andere Bleiverbindung, die als Einmischung vorhanden war, elektrolytisch seyn, durch kein Reagenz fand ich indess eine solche und als ich den Strom sechs Stunden lang durch das Fluorblei hatte gehen lassen, blieb die Ablenkung immer noch constant. Eine Wiederholung der Versuche mit einem Fluorblei, das mir Herr H. Rose freundlichst mittheilte, und in dem ich ebenfalls durchaus nichts Fremdartiges fand, führte zu ganz denselben Ergebnissen, so daß ich Fluorblei bestimmt zu den Elektrolyten rechne.

Ueber Kieselsäure enthaltende Stoffe sind schon seit langer Zeit Versuche bekannt, welche deren mit der Erwärmung eintretende Leitungsfähigkeit gezeigt haben. Nachdem Cavendish ¹⁾ diese Leitungsfähigkeit für Reibungselektricität beim Glase, Delaval ²⁾ für Portland- und verschiedene andere Steine nachgewiesen hatten, konnte Aldini ³⁾ die Contractionen eines Froschpräparats dadurch erzeugen, daß er die beiden, an Muskel und Nerv angelegten Metalle durch ein vor dem Löthrohr geschmolzenes Glasstückchen verband. Und wiewohl Ritter ⁴⁾ die Isolationsfähigkeit auch dem glühenden Glase zusprach, erhielt Pfaff ⁵⁾ anhaltende Schläge, wenn er den Strom einer Säule mit beiden Händen schloß, während eine bis zum Glühen und anfangenden Schmelzen erhitzte Glasröhre in den Kreis geschaltet war. Indem später Ritter ⁶⁾ diese Angaben bestätigte, stellte er die Frage auf: »Diejenigen dieser Körper, welche endlich leiten, wie leiten sie? Leiten sie auf die Art wie Metalle, oder auf die Art wie

1) Franklin *exper. and observ.* London 1774, p. 411. *

2) Priestley *Gesch. d. Electr.* deutsch v. Krünitz 1772, p. 150. *

3) Aldini *Versuche*, über v. Martens 1804. II. p. 76. *

4) Gilbert's *Ann.* VI. 471. *

5) *Ebend.* VII. 249. *

6) *Ebend.* IX. 290. *

Wasser, d. i. ohne oder mit Zersetzung, oder bestimmter nach Volta's Ausdruck, als Leiter erster oder zweiter Klasse? « Diese letzte Frage war im vorliegenden Falle gerade das, um was es sich handelte. Ich wählte zu den Versuchen zuerst eine Substanz, deren einfache Zusammensetzung sie als Grundform der übrigen Kieselsäure-Verbindungen erscheinen liefs, das Fuchs'sche Wasserglas. Dieses Glas war ohne Zusatz von Kohle bereitet, und fast farblos oder weifs. Ein schmales Stäbchen dieser Substanz wurde über zwei Platinstreifen gelegt, so stark erhitzt, dafs es auf demselben festschmolz, und dann wieder abgekühlt. Kalt leitete es den Strom einer mit den beiden Platinstreifen verbundenen Säule, bei gelinder Erwärmung oder beim Austrocknen über Schwefelsäure isolirte es vollkommen. Bei stärkerer Erwärmung, die aber nicht bis zur Schmelzung ging, wurde es ein guter Leiter, und von der ersten Bewegung des astalischen Systems im eingeschalteten Galvanometer an zeigten sich noch die Platinplatten polarisirt. Derselbe Versuch wurde mit Reibungselektricität angestellt. Auch hier erfolgte sogleich eine Polarisation, so wie sie Henrici ¹⁾ bei der Durchleitung der Maschinenelektricität durch Wasser gefunden hat. Um zu untersuchen, ob die gebildeten Gegenströme wirklich einer elektrolytischen Wirkung, oder einem Verhalten wie es die Halbleiter zeigen, zuzuschreiben sey, wurde ein Stück Wasserglas, nachdem der Strom der Säule längere Zeit hindurchgegangen war, von den Unterlagen losgebrochen. Das Glas reagirte schwach alkalisch; diese Reaction war jetzt an dem Ende des Stäbchens, welcher auf der positiven Platte gelegen hatte verschwunden, am anderen verstärkt. Diese Substanz hatte sich also noch vor dem Schmelzen völlig als Electrolyt verhalten.

Hierauf ging ich zu Versuchen mit gewöhnlichem Glas: dasselbe wurde gewöhnlich in Form dünner Röhren angewandt, in welche zwei sich nicht berührende Platindrähte geschmolzt waren, um jeden Einflufs der äufseren Umge-

1) Pogg. Ann. XLVI. 585. *

bung zu vermeiden. Geringe Erwärmungen wurden im Sandbade vorgenommen, stärkere unmittelbar durch die Flamme. Das Sandbad konnte bei allen Versuchen gut angewandt werden, da der Sand auch bei starker Erhitzung so wenig leitend wurde, daß er ein geladenes Elektroskop nur allmähig entlud. Die verschiedenen Glasarten, welche angewandt wurden, begannen zwischen 200 und 220° C. für galvanische Ströme leitend zu werden (Becquerel ¹⁾ fand dies erst bei 300°), wobei die Drähte sogleich eine starke Polarisierung annahmen. Um auch hier zu erfahren, ob eine elektrolytische Wirkung vorhanden sey, wurde der Versuch wie mit dem Wasserglas wiederholt; ein Glasstäbchen wurde auf zwei Platinstreifen geschmolzt und nachdem der Strom einer sechs bis zehn-paarigen Säule bis zu einer Dauer von zwei Stunden darauf gewirkt, losgebrochen. Das Ende, welches auf dem negativen Blech gelegen, wurde fein gerieben und mit Wasser benetzt; unter sieben Versuchen fand bei zweien eine schwach basische Reaction statt. Da dieser Versuch nicht entscheidend war, wurde der ebenso aufgeschmolzte und der Stromwirkung ausgesetzte Glasstab abgebrochen, und durch einen frischen ersetzt, nachdem die Säule aus der Verbindung ausgeschaltet war. Jedesmal entstand beim Erhitzen dieses Stabes der Polarisationsstrom, zum Zeichen, daß auf den Unterlagen chemisch entgegengesetzt veränderte Stoffe zurückgeblieben waren. Dieselben Polarisationserscheinungen bot auch die Reibungselektricität, zwar in viel geringeren Grade, aber immer in richtigem Sinne, dar. Nur muß man bei diesen Versuchen die Einwirkung der thermoelektrischen Ströme sehr vermeiden, welche durch ungleiche Erwärmung der beiden Berührungsstellen von Glas und Platin entstehen; hier wurde deshalb immer das Sandbad angewandt. Die durch Wirkungen galvanischer Ströme hervorgebrachten Polarisierungen sind so stark, daß ich niemals eine Störung durch Thermostrome wahrnahm.

Die
 1) *Compt. rend.* XXXVIII. 905. *

Die Abhängigkeit der Polarisation von der Erwärmung und von der Stromstärke untersuchte ich durch eine Wippe. In demselben Sandbade wurden bei 250° zwei Glasleitungen erhitzt, dann wurde durch eine der Strom einer einzigen, durch die andere der zweier Zinkplattinketten geführt, bis die Polarisationen ein Maximum erreichten, und dann wurden beide Leitungen einander entgegengesetzt durch die Wippe mit dem Galvanometer verbunden. Die durch zwei Paare erzeugte Polarisation überwog; ebenso war dieselbe zunehmend bei Anwendung von vier, sechs und zehn Elementen. Dafs auch bei einer so grofsen elektromotorischen Kraft noch immer eine Polarisationszunahme stattfand, erklärt sich dadurch, dafs die Gröfse der Polarisation sich nicht nach der wirkenden Kraft, sondern nach der vorhandenen Intensität richtet, die hier immer noch gering ist.

Ferner wurde derselbe Strom hintereinander durch eine Glasleitung, welche bis 130° und eine zweite, welche bis zur Kirschrothgluth erhitzt war, geführt. Durch Umschlagen der Wippe zeigten sich die Platindrähte, welche bei 130° erhitzt waren als die stärker polarisirten. Hiernach verhält sich also erhitztes Glas, noch ehe es schmilzt, in jeder Beziehung wie andere Elektrolyte, so dafs die pyroelektrischen Ketten Becquerels ¹⁾ in keiner anderen Weise sich von gewöhnlichen Ketten unterscheiden, als dafs man sich für dieselben die Elektrolyten, die man anderweit schon besitzt, durch Hitze verschaffen mufs. In wiefern dabei ein Vortheil zu erreichen seyn soll, ist nicht zu begreifen, da derselben Stromstärke in beiden Arten von Ketten dieselbe Metallzerstörung entspricht ²⁾.

Nach den vorstehenden Untersuchungen ist also das Gesetz, dafs alle Körper, welche durch Erwärmung an Lei-

1) a. a. O.

2) Nachdem diese Untersuchungen schon vollendet und grösstentheils niedergeschrieben waren, ist mir ein Abdruck einer Abhandlung von Buff aus einem noch nicht erschienenen Heft der Ann. d. Chem. u. Pharm. (Bd. XC. p. 257.) zugekommen, welche ebenfalls die Leitungsfähigkeit Poggendorff's Annal. Bd. XCII.

tungsfähigkeit zunehmen, Elektrolyte sind, auch noch von denjenigen Ausnahmen befreit, die es zu erleiden schien, und man braucht nicht, wozu vielleicht Mancher jetzt geneigt seyn möchte, die scheinbar unvollkommene Elektrolyse einer doppelten Leitung zuzuschreiben, wie sie Foucault neuerdings angenommen, und wie sie selbst Faraday anerkannt hat. Wenn auch ein solches Zusammen-seyn beider Leitungen an sich Nichts Widersinniges hat, so spricht doch bis jetzt kein Versuch dafür. Die zuerst von Foucault für seine Ansicht vorgebrachten Beweise sind wohl durch Buff's Gegenversuche ¹⁾ als beseitigt anzusehen. Die später mitgetheilten Versuche Foucault's ²⁾ beruhen auf einer ganz irrigen Auffassung des Begriffes Zweigstrom, und können wegen der ganz falschen Einführung der hierauf bezüglichen Formeln in die Beobachtungen gar keine Beweiskraft haben. Jedenfalls lehren aber meine obigen Versuche, daß auch bei der schwächsten Leitung durch einen Elektrolyten dieselbe elektrolytisch ist, daß also das Zusammen-seyn beider Leitungsarten nie im Sinne der Zweigleitungen stattfinden kann, sondern höchstens so, daß jedes bei der Elektrolyse wandernde Atom selbst wieder leitend wirkt.

des Glases behandelt. Wiewohl unsere Versuche in sehr verschiedener Weise angestellt sind, treffen sie doch in den Ergebnissen ganz zusammen, z. B. in Bezug auf den Anfang der Leitungsfähigkeit, auf die Polarisation, auf deren Abhängigkeit von der Stromstärke und Temperatur. Während Buff diese letzte durch einzelne Messungen erlangte, wobei er die, nach seiner eigenen Angabe nicht ganz constanten Werthe für Polarisirungen bei verschiedener Stromstärke als gleich annehmen mußte, habe ich durch die Wippe dieselbe Abhängigkeit vorgefunden; außerdem sind die Unterschiede der Polarisirungen bei verschiedenen Temperaturen nach Buff's Messungen so groß, daß die kleinen Abweichungen von den richtigen Werthen, welche durch Einführung jener etwas unrichtigen Zahlen hervorgebracht sind, gern übersehen werden können. Von meinen Ergebnissen hatte ich übrigens schon im Anfang des Monats April mehrern meiner hiesigen Fachgenossen Mittheilung gemacht. (Was ich, für meine Person, hier gern bestätige. Poggendorff.)

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. LXXXVIII. 117. *

2) Cosmos Vol. IV. 248. *

VIII. *Bemerkungen über die Bestimmung des Tagesmittels aus den Temperaturextremen und der Wärme um 9 Uhr Morgens.*
von Hermann Schlagintweit¹⁾.

Bekanntlich sind verschiedene Combinationen von Beobachtungsstunden vorgeschlagen worden, welche mit Anwendung sehr einfacher Coëfficienten für alle Monate und für sehr verschiedenartige Temperaturcurven Werthe liefern, die dem wahren Mittel sehr nahe entsprechen. Ich nenne als die am öftersten angewandten ²⁾

$$\frac{VII + II + IX}{3}, \quad \frac{VII + II + 2IX}{4}, \quad \frac{VI + II + X}{3},$$

$$\frac{VIII + IX + VIII + IX}{4}, \quad \frac{VI + III + IX}{3} \text{ u. s. w.}$$

Bei Anwendung der Combination von $\frac{VI + II + X}{3}$ ist der gleichmäßige Abstand zwischen je 2 Beobachtungsstunden sehr günstig, wie die später folgenden Tabellen der Abweichungen zeigen. Da die Beobachtungen hinreichend getrennt sind, ist hier auch der Temperaturgang während der Nacht mehr berücksichtigt als bei den andern Combinationen. Diefs scheinen wenigstens solche Punkte zu bestätigen, deren Nachttemperaturen durch absteigende Luftströme deprimirt werden. Für diese geben die meisten anderen Combinationen stets die Wärme etwas zu groß.

So vortheilhaft jedoch auch diese von Dove bei den

1) Mitgetheilt aus den »Neuen Untersuchungen über die physikalische Geographie und die Geologie der Alpen von A. Schlagintweit und H. Schlagintweit, Leipzig, T. O. Weigel 1851.«

2) Die erste Combination wurde von der Mannheimer meteorologischen Gesellschaft vorgeschlagen; Kämtz hat ihr die zweite Form gegeben, welche weit bessere Resultate liefert. Die dritte Combination ist jene, nach welcher die unter Dove's Leitung stehenden Beobachtungen in Preussen berechnet werden. Die vierte und fünfte Formel werden angewandt, um aus den Beobachtungen von St. Bernhard die Mittel abzuleiten.

preussischen Stationen eingeführte Combination ist, so wird sie doch verhältnißmäßig selten von Freunden der Meteorologie, die aus eigenem Interesse mit Beobachtungen sich beschäftigen, angewandt, weil die frühen Morgenstunden und die späten Abendstunden besonders im Winter etwas unbequem sind.

Wir hatten leider oft Gelegenheit zu sehen, wie bei den sorgfältigsten und regelmässigsten Beobachtungen, die auf unsere Bitte, an verschiedenen, besonders an hohen, Punkten angestellt wurden, stets im Winter sehr frühe Abendstunden statt der ursprünglich gewünschten angenommen wurden ¹⁾.

Es wird dadurch nicht nur die Berechnung der Tagesmittel sehr umständlich, sondern sie wird zugleich ungeachtet aller Vorsicht bei den Reductionen, etwas ungenauer als wenn passende Beobachtungsstunden eingehalten werden können. Dieser Umstand und zugleich die Hoffnung, daß manche Freunde der Meteorologie sich lieber zu Beobachtungen entschließen möchten, wenn die Stunden möglichst bequem gelegen sind, bewog mich folgende kleine Untersuchung über die Ableitung des Tagesmittels aus den Extremen und der Beobachtung um 9^h a. m. anzustellen. Ich benutzte dabei, indem ich mich zunächst auf die Temperaturverhältnisse an Alpenstationen beziehe, die Beobachtungen von Padua, Krämsmünster, Genf und St. Bernhard. Die Temperaturen für die vollen Stunden der ganzen 24stündigen Periode sind in unseren »Neuen Untersuchungen« S. 312 bis S. 323 mitgetheilt.

A. von Humboldt hat bekanntlich zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß das arithmetische Mittel der Extreme bereits einen ziemlich guten Anhaltspunkt für die Beurtheilung der mittleren Temperatur biete ²⁾.

1) Vergl. die Zeiten der Beobachtungen in Untersuchungen u. s. w. 1850 S. 323 u. Neue Untersuchungen Cap. X.

2) Vergl. auch A. v. Humboldt's *Mém. d'Arcueil T. III* und kleinere Schriften Bd. I, S. 231; es ist dort ein sehr einfaches Verfahren angegeben, um aus beliebig vertheilten Beobachtungsstunden das Tagesmittel zu bestimmen.

In den einzelnen Monaten jedoch sind an Orten im Niveau des Meeres oder in geringen Höhen die arithmetischen Mittel der Extreme im Allgemeinen etwas wärmer als das wahre Tagesmittel, besonders im Herbst. Die Sommermonate sind häufig, auf diese Weise berechnet, etwas zu kalt.

An hohen Punkten, z. B. am St. Bernhard, ist das Mittel der Extreme in allen Monaten wärmer als das wahre Mittel, und die Differenz ist in einzelnen Monaten oft sehr beträchtlich.

Hällström ¹⁾ und Kämtz ²⁾ haben versucht aus den Angaben des Maximum und Minimum, mit Einführung eines für die einzelnen Monate veränderlichen Coëfficienten; die mittleren Temperaturen durch folgende Formel zu berechnen:

$$T = m + v.(M - m)^3,$$

wobei m das Minimum, M das Maximum und v den Coëfficienten der verschiedenen Monate bezeichnet.

Werthe des Coëfficienten v in der Formel $T = m + v(M - m)$.

Monate.	Für Beobachtungen zu den kältesten und wärmsten Stunden.	Für Beobachtungen der wahren Temperaturextreme am Thermometrographen.
Januar	0,388	0,507
Februar	0,411	0,476
März	0,468	0,475
April	0,481	0,466
Mai	0,512	0,459
Juni	0,501	0,453
Juli	0,488	0,462
August	0,500	0,451
September	0,482	0,433
October	0,433	0,447
November	0,381	0,496
December	0,357	0,521

1) Hällström: Ueber die Bestimmung der mittleren Wärme. Pogendorff's Ann. IV. S. 373 — 419.

2) Kämtz Lehrbuch der Meteorologie I. S. 97.

3) Diese Formel wurde erhalten, indem sie die Tagescurve in 4 Parabeln zerlegten und den Flächeninhalt derselben bestimmten. Die Werthe des

In einzelnen Fällen scheinen jedoch die Resultate noch Abweichungen zu zeigen, die nicht unbedeutend sind, und selbst mehr als einen halben Grad betragen.

Für Genf z. B. ergibt diese Formel ¹⁾

im Juli 17,28, wahres Mittel 17,87, Unterschied $-0,59^{\circ}\text{C.}$;
im Aug. 16,24, " " 16,97 " $-0,73^{\circ}\text{C.}$

Nimmt man an, daß der Coëfficient v der Formel $T = m + v(M - m)$ constant wäre und einen mittleren Werth hätte, der zwischen 0,521 und 0,433 liegt, etwa 0,477; so werden für Padua, Kremsmünster und Genf etc. die berechneten Mittel im Durchschnitte für die Wintermonate zu kalt, für die Sommermonate zu warm. An sehr hohen Orten scheinen die Unterschiede sehr unbedeutend zu seyn; am St. Bernhard z. B. werden jetzt alle Monate zu warm, bei denen der Unterschied $0,1^{\circ}\text{C.}$ erreicht.

An den niedrigeren Punkten ist aber die Temperatur um 9 Uhr Morgens im Winter zu warm, im Sommer zu kalt. Es läßt sich also daraus übersehen, daß man für diese erwarten darf, eine Combination zwischen den Extremen und der Wärme um 9 Uhr aufzufinden; welche mit constanten Coëfficienten in allen Monaten ziemlich gut entsprechen wird. Am St. Bernhard ist zwar die Temperatur um 9^h a. m. in allen Monaten wärmer als das Mittel. Zugleich tritt aber hier auch der Umstand ein, daß eine ungleiche Veränderung des Maximums und des Minimums, zum Beispiel die Wahl eines größeren Coëfficienten für das Minimum als für das Maximum, bedeutendere Differenzen im berechneten Mittel hervorbringt, als in den tieferen Stationen.

Indem ich also annahm, daß

$$T = xm + yM + z \text{ IX}^h \text{ a. m.}$$

Coëfficienten v sind die in *Cours de météorologie, trad. par Martins p. 22* mitgetheilten, (sie sind auch enthalten im Lehrbuche u. s. w.; die letzteren aber weichen etwas von den in der franz. Ausgabe enthaltenen und später neu berechneten ab).

- 1) Mit zu Grundlegung der wahren Extreme, mithin auch der 2ten Verticalreihe der vorhergehenden Tabelle.

sey, suchte ich die Coëfficienten nach der Methode der kleinsten Quadrate zu bestimmen. Bezeichnen wir das wahre Monatsmittel mit f ; so erhält man bekanntlich die Coëfficienten der obigen Formel aus folgenden Gleichungen:

$$x \sum m^2 + y \sum m M + z \sum m IX - \sum m f = 0$$

$$x \sum m M + y \sum M^2 + z \sum M IX - \sum M f = 0$$

$$x \sum m IX + y \sum M IX + z \sum IX^2 - \sum IX f = 0.$$

Die betreffenden Summen wurden gebildet, indem ich von jeder der 4 Stationen Padua, Kremsmünster, Genf und St. Bernhard den wärmsten und kältesten Monat (Januar und Juli) berücksichtige (mit Annahme nur einer Decimalstelle) ¹⁾.

Die Constanten ergeben sich daraus:

$$x = 0,498, \quad y = 0,4427, \quad z = 0,07.$$

Da nur zwei Monate zur Ableitung dieser Coëfficienten benützt waren, liefs sich eine kleine Verbesserung derselben auf empirischem Wege versuchen.

Es zeigten die Resultate im Allgemeinen etwas geringere Abweichungen und zugleich wurde die Berechnung etwas vereinfacht, indem ich

$$x = 0,5,$$

$$y = 0,4,$$

$$z = 0,11 \text{ setzte.}$$

In der Tabelle S. 476 bis 480 sind für Padua, Kremsmünster etc. die Correctionen für die verschiedenen Combinationen gegeben.

In Padua und Kremsmünster wurden nur die Temperaturen der wärmsten und kältesten Stunde, nicht die absoluten Extreme benützt; für Genf und den St. Bernhard waren die absoluten Extreme selbst unmittelbar durch Auflösung der Gleichungen für die einzelnen Monate bestimmt. Plantamour, der dieselben berechnete, erhielt folgende Werthe:

1) Die Zahlenwerthe der obigen Summen wurden:

$$\sum m^2 = 1037,2 \quad \sum m M = 1411,1 \quad \sum m f = 1231,2$$

$$\sum M^2 = 2055,0 \quad \sum m IX = 1292,9 \quad \sum M f = 1739,3$$

$$\sum IX^2 = 1653,2 \quad \sum M IX = 1830,3 \quad \sum IX f = 1569,0$$

Werthe der Extreme für die einzelnen Monate.

Monate.	Genf.				St. Bernhard.			
	Maximum.		Minimum.		Maximum.		Minimum.	
	Z. p. m.	T° C.	Z. a. m.	T° C.	Z. p. m.	T° C.	Z. a. m.	T° C.
Januar	2 ^h 1 ^m	1,22	6 ^h 0 ^m	-1,94	0 ^h 40 ^m	-8,60	4 ^h 24 ^m	-11,71
Februar	2 13	4,28	6 4	-0,65	0 45	-5,70	4 21	-10,00
März	2 13	7,86	4 16	0,43	0 39	-3,85	3 40	-9,68
April	2 10	11,81	3 35	4,95	0 48	0,00	2 51	-6,79
Mai	2 13	16,88	3 19	8,69	0 50	4,75	2 54	-2,61
Juni	2 46	20,92	2 43	11,94	1 15	7,59	2 58	1,64
Juli	2 49	22,27	3 11	13,00	1 9	9,02	3 6	3,22
August	2 46	21,54	3 26	11,88	1 6	7,92	3 18	2,96
September	2 29	18,46	3 58	9,96	1 7	5,03	4 8	1,24
October	1 43	12,59	4 4	6,58	1 2	0,94	3 16	-2,85
November	1 32	7,17	5 16	2,80	1 6	-3,10	4 33	-6,18
December	1 42	2,50	6 6	-0,49	1 12	-6,02	5 12	-8,14
Jahr	2 13	12,31	3 44	5,77	0 57	0,70	3 31	-4,00

Diese Uebersicht läßt zugleich erkennen, daßs an dem höheren Orte die Zeit des Minimums weit geringeren Veränderungen unterworfen ist, und daßs am St. Bernhard das Maximum stets früher eintritt als in Genf ¹⁾. Vergleicht man diese Temperaturen mit jenen der kältesten und wärmsten Stunden in den ausführlichen Tabellen, so zeigt sich, daßs es für die Berechnung des Tagesmittels nach der Formel $T = +0,4M + 0,5m + 0,11IX$ ganz ohne Einfluß ist, welche von beiden Werthen man wählt. Muß auch angenommen werden, daßs an anderen Orten, z. B. in Padua, die Abweichungen der extremen Stunden von den wahren Extremen größer sind, so wird doch auf das Resultat dieser Umstand wenig Einfluß äußern, weil für das Maximum und Minimum die Abweichungen entgegengesetzte Zeichen haben. Da überdies der Coëfficient des Minimums größer ist als jener des Maximums, so wird dadurch zugleich der Umstand berücksichtigt, daßs sich zur Zeit des Minimums die Temperatur ein wenig rascher ändert, als zur Zeit des Maximums.

Die Zusammenstellungen der Correctionen in den folgenden Tabellen zeigen demnach, daßs sich aus der Beobachtung um IX Uhr Morgens und den Extremen durch die

1) Vergl. Cap. IX.

Formel $T = 0,4M + 0,5m + 0,11IX$ die mittlere Tagestemperatur bestimmen läßt; die Correctionen sind nahezu ebenso groß, als jene der Combination $\frac{VII+II+2IX}{4}$.

In Tabelle 5 sind zugleich die Resultate der verschiedenen Stundencombinationen für kürzere Reihen an sehr hohen Orten beigelegt ²⁾.

Die hier angegebenen Combinationen sind empirisch gefunden. Man kann jedoch auch auf directem Wege die mittlere Temperatur durch das Verfahren der mechanischen Quadratur bestimmen, und man wendet dabei am besten die von Gauss vorgeschlagene Methode an; es wird die Berechnung nicht nach gleich weit abstehenden Ordinaten ausgeführt, sondern die Ordinaten selbst werden dabei so ausgewählt, daß sie eine möglichst genaue Annäherung geben ³⁾.

- 1) Die Abweichungen beider Formeln haben, wie es scheint, gewöhnlich entgegengesetzte Zeichen. Würde man demnach am VII, IXa, II und IXp beobachten und zugleich die Extreme bestimmen, so lassen sich, wie ich in der 6ten Horizontalreihe der Tabellen anzudeuten versuchte, sehr gute Bestimmungen der mittleren Temperatur erreichen. — Man kann die Resultate der verschiedenen Stundencombinationen unter sich annähernd vergleichen, indem man die Abweichungen für alle *einzelnen Monate*, also 48 Werthe für jede Combination der Größe nach, ohne Berücksichtigung des Zeichens ordnet, und den Werth, der in dieser Reihe zwischen dem 24. und 25. Gliede liegt, als wahrscheinlichen Fehler betrachtet. Man erhält dann

für $\frac{VII+II+2IX}{4}$	0,10° C.;	für $\frac{VI+II+X}{3}$	0,04.
für $0,4M + 0,5m + 0,11IX$	0,08;	für die Mittel aus den	
für das Mittel aus beiden	0,04;	täglichen Extremen	0,18.

- 2) Die Abweichungen lassen erkennen, daß auch unter diesen unregelmäßigen Verhältnissen die Combination $\frac{VI+II+X}{3}$ durch günstige Resultate sich auszeichnet.

- 3) Vergl. Gauss, Comment. Gött. 1811 und Minding, Handb. der Differential- und Integralrechnung, 1836, S. 231. Dort ist auch die von Jacobi gegebene Herleitung enthalten.

Um diese Methode für die Berechnung der mittleren Tagestemperatur anzuwenden, ist es nöthig die Temperaturcurve in 2 Theile zu zerlegen, deren einer dem Tage, der andere der Nacht entspricht. Beide sind vom Sonnenaufgange und vom Sonnenuntergange begrenzt. Zugleich sind wenigstens 4 Beobachtungen nöthig, 2 am Tage und 2 während der Nacht. Da die GröÙe der beiden Theile im Laufe des Jahres sich ändert, müssen auch die Beobachtungsstunden geändert werden.

Enke ¹⁾ hat dieses Verfahren fünf Jahre hindurch (1836 bis 1840) angewandt, um für Berlin aus 3 Beobachtungen die mittlere Tageswärme (zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang) zu bestimmen.

Setzt man die Tageslänge = 1, so wird folgendes die Werthe der Ordinaten $a_1, a_2 \dots$ und ihrer Coëfficienten $k_1, k_2 \dots$:

Für 2 Beobachtungen:

$$a_1 = 0,211325 \quad k_1 = k_2 = \frac{1}{2}$$

$$a_2 = 0,788675$$

Für 3 Beobachtungen:

$$a_1 = 0,112702 \quad k_1 = k_3 = \frac{5}{18}$$

$$a_2 = 0,5 \quad k_2 = \frac{4}{9}$$

$$a_3 = 0,887298$$

Für 4 Beobachtungen:

$$a_1 = 0,069432 \quad k_1 = k_4 = 0,773927$$

$$a_2 = 0,330001 \quad k_2 = k_3 = 0,326073$$

$$a_3 = 0,669991$$

$$a_4 = 0,930568$$

Ist auf dieselbe Weise die Temperatur des Tages und der Nacht gefunden, so erhält man die mittlere Wärme der 24 Stunden, indem man das Resultat jeder Gruppe mit der Zahl der Stunden multiplicirt, die sie umfaßt und die Summe beider Producte durch 24 dividirt.

1) Astronomische Beobachtungen auf der Sternwarte zu Berlin. Bd. 3, S. XX, 1818.

Für die unmittelbare Ausführung ähnlicher Beobachtungen, welche die 24stündige Periode umfassen, dürfte jedoch die Lage der Stunden und ihre Veränderlichkeit stets eine wesentliche Schwierigkeit bieten. Sehr vorthailhaft jedoch läßt sich diese Methode auch für das Problem der mittleren Temperaturen anwenden, um aus den graphischen Aufzeichnungen zuverlässiger registrierender Instrumente die wahren Mittel abzuleiten.

Wenn man sich das Schema derjenigen Stunden, die in jedem Monat nöthig sind, entworfen hat, ist es weit einfacher, nur diese Punkte der Curve in Grade zu übersetzen, und mit den entsprechenden Coëfficienten zu versehen, als für jede volle Stunde die Uebersetzung der Curve auszuführen.

Vergleichung verschiedener Stundencombinationen.

1. P a d u a.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Mittel	3,71	4,89	7,68	13,03	19,97	21,93	26,06	22,79	18,38	14,93	7,74	3,84	13,75
Corrections für:													
$IX_{a.m.}$	+ 0,83	+ 0,98	+ 0,57	+ 0,42	- 1,40	- 1,65	- 2,07	- 1,14	- 0,22	+ 0,29	+ 0,24	+ 0,53	- 0,20
$\frac{M+m}{2}$	- 0,13	- 0,04	+ 0,10	+ 0,08	+ 0,12	+ 0,05	+ 0,02	- 0,23	- 0,13	- 0,28	- 0,60	- 0,51	- 0,13
(a) $\frac{VII+II+2IX_p}{4}$	- 0,06	- 0,13	- 0,10	- 0,10	- 0,05	+ 0,09	+ 0,09	+ 0,05	- 0,12	+ 0,02	+ 0,02	+ 0,16	- 0,04
(b) $0,4M+0,5m+0,11IX_a$	+ 0,05	+ 0,20	+ 0,27	+ 0,26	+ 0,10	+ 0,03	- 0,03	+ 0,07	+ 0,08	- 0,15	- 0,37	- 0,05	- 0,06
$\frac{a+b}{2}$	0	+ 0,03	+ 0,08	+ 0,08	+ 0,02	+ 0,06	- 0,03	+ 0,06	- 0,02	- 0,08	- 0,17	- 0,05	- 0,05
$\frac{VI+II+X}{3}$	- 0,05	- 0,01	+ 0,13	+ 0,29	+ 0,14	+ 0,12	+ 0,16	+ 0,29	+ 0,06	+ 0,01	- 0,09	+ 0,30	+ 0,06

2. K r e m s m ü n s t e r.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Mittel	- 3,26	- 1,01	2,66	6,18	12,85	16,72	18,01	16,69	13,55	8,29	1,49	0,27
Correcionen für:												
IX a. m.	- 0,44	+ 0,84	+ 0,37	+ 0,18	- 0,56	- 1,08	- 0,52	- 0,46	+ 0,35	+ 0,77	+ 0,64	+ 0,47
$\frac{M+m}{2}$	- 0,24	- 0,40	- 0,08	- 0,04	+ 0,10	+ 0,32	+ 0,01	+ 0,05	- 0,03	- 0,34	- 0,30	- 0,31
(a) $\frac{VII+II+2IXp}{4}$	- 0,09	- 0,21	- 0,09	0	- 0,30	- 0,38	- 0,17	- 0,21	- 0,20	- 0,24	- 0,16	- 0,08
(b) $0,4M+0,5m+0,11IXa$	0	- 0,06	+ 0,19	+ 0,18	+ 0,25	+ 0,36	+ 0,07	+ 0,14	+ 0,20	- 0,02	- 0,07	- 0,12
$\frac{a+b}{2}$	- 0,04	- 0,13	+ 0,05	+ 0,09	- 0,02	- 0,01	- 0,05	- 0,03	0	- 0,11	- 0,11	- 0,10
$\frac{VI+II+X}{3}$	- 0,07	- 0,20	+ 0,09	+ 0,18	+ 0,03	- 0,01	+ 0,06	+ 0,07	+ 0,11	- 0,13	- 0,15	- 0,16

3. Genf.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Mittel	-0,66 +	1,55	4,26	8,46	12,96	16,64	17,87	16,97	14,32	9,35	4,70	0,73	8,97
Corrrectionen für:													
XI a. m.	+0,57	+0,93	+0,21	-0,42	-0,86	-1,02	-0,89	-0,87	-0,37	-0,19	+0,29	+0,42	-0,19
$\frac{M+m}{2}$	-0,30	-0,27	-0,01	+0,08	+0,18	+0,21	+0,24	+0,26	+0,11	-0,23	-0,28	-0,28	+0,02
(a) $\frac{VII+II+2IX}{4}$	-0,09	-0,07	-0,33	-0,30	-0,34	-0,43	-0,45	-0,44	-0,29	-0,12	-0,09	0	-0,25
(b) $0,4M + 0,5m + 0,11IX$	-0,04	+0,09	+0,35	+0,28	+0,34	+0,36	+0,40	+0,45	+0,34	-0,03	-0,05	-0,06	+0,15
$\frac{a+b}{2}$	-0,06	+0,01	+0,01	-0,01	0	-0,03	-0,02	0	-0,02	-0,07	-0,07	-0,03	-0,05
$\frac{VI+II+X}{3}$	-0,10	-0,02	+0,02	+0,03	-0,04	+0,01	0	+0,04	+0,11	+0,04	-0,02	-0,04	+0,01

4. St. Bernhard.

[illegible]

5. Beobachtungen an hohen Punkten in einzelnen Monaten.

	Johannishütte. 2463 M. 7581 P. F. Aug. u. Sept. 1848.	Vincenhütte. 3162 M. 9734 P. F. Sept. 1851.	Col du Géant. 3413 M. 10506 P. F. Juli 1788.	Gr. Plateau M. Blanc. 3930 M. 12100 P. F. Aug. 1844.
Mittel	+ 4,1	+ 0,3	+ 2,9	- 4,3
Correctionen für:				
$IX \text{ a. m.}$	- 2,3	- 2,4	- 1,2	- 1,3
$\frac{M+m}{2}$	- 0,5	+ 0,4	- 0,3	- 0,1
$\frac{VII+II+2, IX^p}{4}$	- 0,4	0	- 0,1	+ 0,2
$0,4M + 0,5m + 0,11IX^a$	- 0,2	+ 0,5	- 0,1	- 0,1
$\frac{VI+II+X}{3}$	- 0,1	+ 0,3	- 0,3	+ 0,3

IX. *Untersuchung über die optischen Eigenschaften
der dem Einfluß des Magnetismus ausgesetzten
durchsichtigen Körper; von Hrn. Verdet.*

(*Compt. rend. T. XXXVIII. p. 613.*)

Unter den zahlreichen Entdeckungen, welche die Wissenschaft Hrn. Faraday verdankt, ist ohne Zweifel eine der wichtigsten: die der so merkwürdigen optischen Eigenschaften, welche die durchsichtigen Körper in der Nähe eines Magnets oder Elektromagnets annehmen. Man hat die Versuche des Hrn. Faraday öftmals und unter mannigfaltigen Umständen wiederholt; man hat den von ihm beobachteten Thatsachen andere interessante hinzugefügt; allein man hat sich kaum damit beschäftigt, die Gesetze der Erscheinungen genau durch den Versuch zu bestimmen ¹⁾).

Die Aufsuchung dieser Gesetze ist der Zweck der Arbeit, deren ersten Theil ich heute dem Urtheile der Academie vorlege.

Diese Aufsuchung mag auf den ersten Blick viel verwickelter erscheinen als die der natürlichen optischen Eigenschaften der durchsichtigen Körper. Denn, wenn ein Stück einer durchsichtigen Substanz der magnetischen Wirkung unterworfen, z. B. zwischen die beiden Arme eines Ruhmkorff'schen Elektromagnets gebracht ist, so können die verschiedenen Punkte dieses Stücks nicht als gleichen Einflüssen seitens des Elektromagnets ausgesetzt betrachtet werden; die optischen Eigenschaften müssen also von einem Punkt der Masse zum andern verschieden seyn und die Beobachtung giebt nur den resultirenden Effect einer Summe von ungleichen Wirkungen.

1) Ohne hier das Geschichtliche des Gegenstandes zu geben, was in diesem kurzen Aufsatz keinen Platz finden kann, brauche ich nur zu erinnern an die Versuche der HH. Pouillet, E. Becquerel, Matteucci, Bertin, Wiedemann und Edlund, sowie an die kürzlich veröffentlichten theoretischen Untersuchungen des Hrn. Codazza.

Um diesen Uebelstand zu heben und die Bedingungen der Versuche den der übrigen optischen Untersuchungen zu nähern, braucht man nur auf die beiden Arme des Ruhmkorff'schen Elektromagnets Anker aus weichem Eisen von sehr großer Fläche zu legen ¹⁾. Sobald der Abstand zwischen den Endflächen dieser Anker nicht zu groß und nicht zu klein ist ²⁾, stellt der Zwischenraum das dar, was Hr. Faraday ein *Magnetfeld von gleicher Intensität* nennt, oder, mit anderen Worten, ein Molecul der magnetischen Flüssigkeit, wo es sich auch in diesem Raum befinden möge, ausgenommen die Nähe der Grenzen desselben, wird von einem Systeme von Kräften sollicitirt, deren Resultante sowohl in Größe als Richtung sehr wenig variirt. Kürze halber werde ich diese Resultante *Magnetkraft* nennen. Ebenso läßt sich einsehen, daß die optischen Eigenschaften einer in diesen Raum gebrachten durchsichtigen Substanz fast gänzlich unabhängig sind von der Lage derselben, sobald sie nur nicht den Grenzen zu nahe kommt. Zu dem Ende bringt man die fragliche Substanz in die Bahn des durch den Apparat gehenden polarisirten Lichtbündels, erregt den Magnetismus des Elektromagnets und dreht das doppelt brechende Prisma, welches als Zerleger dient, bis das Auge die Uebergangsfarbe wahrnimmt. Dann verschiebt man die durchsichtige Substanz parallel mit sich (damit das Lichtbündel immer dieselbe Dicke durchdringe): so lange man sie nicht fast in Contact mit den Ankern bringt, erleidet die Uebergangsfarbe keine Aenderung.

Nach Beseitigung dieser Schwierigkeit suchte ich, ob eine einfache Beziehung vorhanden sey zwischen den Magnetkräften und der Drehung der Polarisationssebene eines Lichtstrahls, welcher parallel diesen Kräften durch eine

1) Es waren dies Cylinder aus weichem Eisen, 50 Mllm. lang und 140 Mllm. dick, versehen in der Mitte mit einem engen Kanal um das Licht hindurch zu lassen. Sie wurden auf die Enden des Elektromagnets geschraubt.

2) Wenn er z. B. zwischen 40 und 90 Mllm. beträgt.

durchsichtige Substanz geht. Ich maafs die Drehung der Polarisationssebene nach den üblichen Methoden, besonders durch Beobachtung der Uebergangsfarbe ¹⁾). Was die Intensität der Magnetkräfte betrifft, so bestimmte ich sie mittelst des Principes, welches Hr. Neumann und Hr. Weber durch ihre Untersuchungen über die Induction festgestellt haben. Stellt man einen kreisrunden Leiter so auf, daß seine Ebene parallel ist der Richtung der Magnetkraft, und dreht man ihn nun so, daß sie zu dieser Richtung winkelrecht wird, so ist der in diesen kreisrunden Leiter inducirte Strom porportional der Intensität der Magnetkraft. Zu dem Ende liefs ich aus Kupferdraht von 0^{mm},75 Durchmesser eine kleine Spule von etwa 30 Mllm. Durchmesser gegen 15 Mllm. Länge construiren und so fassen, daß sie 90 Grad um einen ihrer Durchmesser gedreht werden konnte. Bei jedem Versuch stellte ich diese Spule zwischen die Anker des Elektromagnets, an denselben Punkt, wohin ich später die durchsichtige Substanz bringen mußte; ich stellte sie so, daß ihre Ebene parallel war der Polarlinie und der Durchmesser, um welche sie sich drehen konnte, winkelrecht gegen dieselbe; dann brauchte ich sie nur um 90° zu drehen, um den dadurch inducirten Strom zu messen und die Intensität der Magnetkraft zu erhalten ²⁾). Nun ersetzte ich die Spule durch die zu untersuchende durchsichtige Substanz, bestimmte das Azimut der Uebergangsfarbe, kehrte die Richtung des Stromes um (mit der Sorgfalt, ihn nicht zu unterbrechen), bestimmte das neue Azimut der Uebergangsfarbe und maafs wiederum die magnetische Wirkung. Der Unterschied der Azimute gab offenbar das Doppelte der Drehung der Polarisationssebene und ich hatte diesen Unterschied nur zu vergleichen mit dem

1) Ich bediente mich eines kleinen Fernrohrs, versehen vor dem Objectiv mit einem achromatisirten doppeltbrechenden Prisma, das um seine Axe gedreht werden konnte und den Drehungswinkel genau messen liefs. Dieser Theil des Apparats war von Hrn. Brunner construirt.

2) Die Messung des inducirten Stroms geschah mittelst eines Galvanometers, construirt von Hrn. Ruhmkorff nach dem System des Hrn. Wilh. Weber.

Mittel aus den Intensitäten der zu Anfang und zu Ende des Versuchs bestimmten Magnetkraft. Als genügend betrachtete ich diejenigen Versuche, bei denen der Unterschied dieser Intensitäten nicht ein Hundertel des mittleren Werthes überstieg.

Ich experimentirte mit Faraday'schen *schwerem Glase*, Flintglase und Schwefelkohlenstoff. Das aus den Versuchen hervorgehende Gesetz war sehr einfach. Die Drehung der Polarisationsebene ist proportional der Intensität der Magnetkraft. Diese Proportionalität bleibt stehen, man mag die Intensität der Magnetkraft durch Abänderung der Intensität des um den Elektromagnet kreisenden Stroms oder durch Abänderung des Abstandes der Anker variiren. Es folgt daraus, daß man das Elementargesetz der Erscheinung nachstehendermaßen fassen kann: Die durch eine Elementarschicht einer einfach brechenden Substanz hervorgebrachte magnetische Drehung der Polarisationsebene ändert sich mit dem Abstand und der Stärke der auf die Substanz einwirkenden magnetischen Centra genau nach demselben Gesetz, nach welchem das System dieser magnetischen Centra auf ein Molecul magnetischer Flüssigkeit wirken würde, welches dieselbe Stelle wie die betrachtete Schicht einnähme.

Schon Hr. Wiedemann hat bewiesen, daß die von der Elektrizität allein bewirkte Drehung proportional ist der Intensität der elektrischen Ströme. Diefes Resultat stimmt vollkommen mit dem obigen Gesetz.

Dagegen befinde ich mich in offenem Widerspruch mit dem von Hrn. Bertin aufgestellten Gesetz, nach welchem die durch einen Magnetpol allein hervorgerufene Drehung in geometrischer Progression abnähme, wenn der Abstand der durchsichtigen Substanz von dem Pol in arithmetischer Progression zunimmt. Die Erklärung dieses Widerspruchs ist nicht schwer. Hr. Bertin betrachtet die Endfläche des weichen Eisens einer der Arme des Ruhmkorff'schen Elektromagnets als Pol. Allein diese Fläche kann nicht als Pol angesehen werden, wenigstens sobald man diesem Aus-

druck den richtigen Sinn giebt; sie ist ein System von magnetischen Centris, vertheilt auf einer ziemlich grofsen Strecke, und dessen Wirkung kann nicht der eines einzigen Centrums gleichgestellt werden. In der That sucht man mittelst der oben beschriebenen Drahtrolle, wie die magnetische Wirkung eines Armes des Elektromagnets in verschiedenen Abständen vom Ende dieses Armes variire, so findet man eine sehr langsame Abnahme, die, wie die Abnahme der Drehung der Polarisationssebene, leidlich durch eine abnehmende geometrische Progression vorgestellt werden kann. Setzt man an diesen Elektromagnet einen der grofsen Anker, deren vorhin Erwähnung geschah, so ist die Abnahme der magnetischen Wirkung noch langsamer. Dagegen ist sie rascher, wenn man statt jenes Ankers einen kegelförmig verlaufenden nimmt. Man sieht also, dafs das von Hrn. Bertin aufgestellte Gesetz nur ein empirisches ist, welches für den gebrauchten Apparat gilt; es ist eine particuläre Form des von mir ausgesprochenen allgemeinen Gesetzes.

Wenn die von mir gebrauchte experimentelle Methode richtig ist, so ist leicht zu ersehen, dafs man beim Messen der Drehungen, die verschiedene Dicken einer selben Substanz unter dem Einflufs einer selben Magnetkraft hervorbringen, Zahlen finden mufs, die den Dicken proportional sind. Ich habe diese Prüfung nicht versäumt und vollkommen befriedigende Resultate erhalten.

X. Ueber ein Mittel, die Schallgeschwindigkeit in einem eingeschlossenen Raume geradezu zu messen; von Dr. J. Bosscha in Leyden.

(Mitgetheilt aus dem *Allgemeine Konst- en Letterbode*, 1853 No. 51.)

Obschon über die Schallgeschwindigkeit viele und wichtige Untersuchungen angestellt worden sind, so mag es

doch, vor Allem wenn man erwägt, wie groſſe Unsicherheit noch in einigen Theilen der Schalltheorie herrscht, nicht ganz für überflüssig erachtet werden, eine neue Methode zu deren Messung mitzutheilen. Zunächst ist es für die Bestimmung einer jeden physischen Constanten von groſsem Gewicht, daſs sie auf verschiedene Weise erhalten sey, und überdieſs bin ich der Meinung, daſs die hier mitgetheilte Methode Vortheile besitzt, welche ihr in einigen Fällen Vorzüge vor den bisjetzt bekannten gewährt, während sie zugleich in Stand setzt, verschiedene Umstände geradezu zu bestimmen.

Zu meinem Leidwesen fehlten mir bisjetzt sowohl die erforderlichen Hülfsmittel als die Muſſe, um durch hinreichend sorgfältige Beobachtungen meine Meinung zu befestigen oder schon einige belangreiche Ergebnisse zu erhalten. Ich habe jedoch gesucht zu zeigen, auf welchen Grad von Genauigkeit man rechnen könne, und mitzutheilen, auf welche Weise der Einfluss verschiedener Umstände zu bestimmen sey.

Für jetzt muſs ich mich begnügen, bloſs die Methode den Physikern zu empfehlen, mir vorbehaltend, bei günstiger Gelegenheit selber Beobachtungen zu liefern.

Um zwei Uhren, die einen merklich verschiedenen Gang haben, mit einander zu vergleichen, giebt es bekanntlich eine einfache Methode. Sie besteht darin, daſs man die Augenblicke aufzeichnet, wann man die Schläge beider Uhren zusammenfallen hört. Diese Methode läſst eine so groſſe Genauigkeit zu, daſs man eine Pendeluhr und einen Chronometer ohne sonderliche Mühe bis auf ein Hundertel einer Sekunde vergleichen kann.

In der *»Tijdschrift voor de Wis- en Natuurkundige wetenschappen, uitgegeven door de Eerste Klasse van het Koninklijk Nederlandsch Instituut, Deel V, bl. 9,* hat Prof. Kaiser nach dieser Vergleichungsweise eine Methode mitgetheilt, durch welche man in den Stand gesetzt ist, mit Hülfe einer Pendeluhr und einer Sekundenuhr den Augenblick einer plötzlichen Erscheinung genau wahrzunehmen.

Diese Methode, welche ungemein einfach und sicher ist, auch bereits bei Bestimmung von Längen-Unterschieden durch Pulversignale im Indischen Archipel mit Erfolg benutzt worden ist, weckte bei mir die Frage, ob nicht zwei Uhren mit verschiedenem Gange noch anderweitig zu gebrauchen wären, und zur Bestimmung großer Geschwindigkeiten wichtige Dienste leisten sollten. Es leuchtete mir sogleich ein, daß ein Paar solcher Uhren eine brauchbare directe Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in einem eingeschlossenen Raume gestatten würden, der ganz von störenden Luftströmungen geschützt und auch mit anderen gasförmigen oder tropfbaren Flüssigkeiten gefüllt werden könnte.

Angenommen, es seyen an den beiden Enden eines geräumigen Zimmers zwei Sekundenuhren (*Secundekleppers*) aufgehängt, deren Gang so geregelt worden, daß während die eine *A* 100 Sekunden schlägt, die andere *B* nur 99 Schwingungen vollbringt. Der Beobachter stelle sich neben *A*, und merke sich genau den Augenblick, wann er die Schläge von *A* und *B* zusammenfallen hört. Diefes wird jedesmal geschehen, sowie *A* 100 und *B* 99 Schläge vollbracht hat. Indefs ist der Augenblick, der aufgezeichnet worden, nicht genau der Zeitpunkt, in welchem die Hämmer auf die Glocken fielen. Der Schall braucht eine gewisse Zeit, um von *B* zu dem Beobachter zu gelangen und die Dauer dieser Zeit hängt ab von der Entfernung zwischen *B* und dem Beobachter und von der Schallgeschwindigkeit. In der That werden die Hämmerchen später zusammenfallen, und *B* wird für den Beobachter noch später zu schlagen scheinen als *A*, als wenn *A* durch seinen schnelleren Gang *B* noch nicht eingeholt hat. Wenn nun in dem Augenblick, da man das gleichzeitige Schlagen bei *A* vernommen hat, *B* plötzlich 3,3 Ellen näher gebracht wird, so wird man in der folgenden Sekunde das Zusammenfallen der Ticke abermals beobachten. Durch den Unterschied im Gange ist *B* in der einen Sekunde 0",01 zurückgeblieben, allein durch die größere Nähe von *B* vernimmt

der Beobachter den Schlag von *B* (in der Annahme, die Schallgeschwindigkeit betrage 330 Ellen in der Sekunde) ebenso viel früher. Dasselbe wird stattfinden, wenn man *B* abermals 3,3 Ellen näher bringt oder (wie leicht einzusehen) *A* 3,3 Ellen von dem Beobachter entfernt. Sobald man beide Verschiebungen gleichzeitig bewerkstelligt, wird man das Zusammenfallen zwei Sekunden später vernehmen, und verschiebt man beide Sekundenuhren durch den doppelten Raum, so wird dieser Augenblick 4" später durch den Beobachter aufgezeichnet werden, u. s. w. Statt die Sekundenuhren zu verschieben, was ohne ihren Gang zu verändern unausführbar seyn würde, kann der Beobachter seinen Standpunkt zur Aufsicht beider Uhren verändern und sich hin und her bewegen, und hierin besteht die ganze Beobachtungsweise. Der Zeitunterschied von 4", den wir für den Unterschied der zwischen zwei Coincidenzen liegenden Sekunden-Anzahl bekommen, sowohl bei einem, als bei zwei Standpunkten des Beobachters, hängt ab von dem relativen Gang der Uhren, von dem Abstand der beiden Standpunkte des Beobachters und von der Schallgeschwindigkeit; und kennt man den Abstand, den Gang und den Unterschied aus der Beobachtung, so läßt sich die Geschwindigkeit bequem berechnen.

Der Beobachter stellt sich z. B. neben *A*, und bestimmt den beziehlichen Gang von *A* und *B* durch Aufzeichnung der Zeit, die zwischen den Augenblicken des Hörens der folgeweisen Coincidenzen verstreicht. Diese Zeit sey a'' , (im vorigen Fall $= 100''$). Hat man den Zeitpunkt aufgezeichnet, da man das letzte Mal neben *A* das gleichzeitige Schlagen vernommen hat, so begiebt man sich nach *B* und wartet den Augenblick ab, da man wiederum das Ticken zusammenfallen hört. Der Zeitraum zwischen diesen beiden Augenblicken wird gröfser als a'' seyn, z. B. $= a + n$. Begiebt man sich nun wieder nach *A*, so wird der wahrgenommene Zeitraum kleiner als a seyn und bei einer selben Ortsveränderung d gleich $a - n$. Die Geschwindigkeit des Schalles ist dann

$$S = \frac{2d}{n} = \frac{2da}{n}$$

oder wenn b die Anzahl der Schläge, zwischen den Beobachtungen bei dem ersten Gange von A nach B , und b' die bei dem zweiten Gange von B nach A bezeichnet

$$S = 2d \left(\frac{b+b'}{b-b'} \right).$$

Als Beispiel diene die folgende Bestimmung, angestellt in einem der Zimmer der Sternwarte zu Leyden mit zwei alten Sekundenuhren von Knebel bei einem Abstand von 15 Ellen

$$a = 57''$$

$$a - n = 52$$

$$a = 57$$

$$a + n = 61,5$$

$$a - n = 52$$

$$a = 57$$

$$a + n = 62.$$

Hieraus folgt

$$n = 4'',85$$

$$a = 57$$

und mithin

$$S = \frac{30 \cdot 57''}{4'',85} = 352,5 \text{ Ellen.}$$

Sehen wir nun, welcher Grad von Genauigkeit mit dieser Methode erreicht werden könne.

Die Genauigkeit hängt zunächst von der Schärfe ab, mit welcher man bei der Beobachtung die Zeit bestimmen kann. Die Fehler in der Bestimmung der Augenblicke, welche den Unterschied a und n geben, können theils dem Beobachter, theils dem unregelmäßigen Gange der Uhren zugeschrieben werden.

Was das Erste betrifft, so bedauere ich um so mehr keine Beobachtungen mit genauen Werkzeugen mittheilen zu können, als ich die Ueberzeugung habe, dafs sie zu sehr befriedigenden Ergebnissen geführt haben würden.

Die Sekundenuhren, welche ich benutzte, hatten solch einen unregelmässigen Gang, dafs der dadurch hervorgebrachte Fehler ganz sicher meinen persönlichen Fehler übertraf. Es ist jedoch bekannt, dafs man einen Chronometer und eine Pendeluhr bis auf ein Paar Hundertel einer Sekunde vergleichen kann, und eine Vergleichung eines Dent'schen Chronometers und einer der Sekundenuhren mit hölzernem Pendel gab mir für die Zeiten zwischen den Augenblicken des Zusammenfallens folgende Werthe:

Chronometer.	Unterschied.	Abweichung.
0' 24"	66"	— 0",019
1 30	67	— 0,004
2 37	67	— 0,004
3 44	65	— 0,034
4 49	69	+ 0,025
5 58	68	+ 0,010
7 6	69	+ 0,025
8" 15	Mittel 67",3	

Aus dieser Reihe von Abweichungen kann man einigermaßen beurtheilen, mit welcher Schärfe sich der Augenblick des Zusammenfallens beobachten läfst. Ich halte mich für überzeugt, dafs man es mit Hülfe einiger Kunstgriffe noch viel weiter bringen kann. Man mufs dafür sorgen, den Glocken beider Uhren einen gut hörbaren kurzen Ton zu geben, welcher für beide gleiche Intensität hat, allein in Tonhöhe merklich verschieden ist. Wenn man alsdann die Glocke mit dem tieferen Ton an die schneller gehende Uhr befestigt, so kann man mit wunderbarer Genauigkeit den Augenblick bestimmen, in welchem zuerst der höhere Ton vor den tieferen gehört wird, und so das Zusammenfallen stattgefunden hat. Es macht auf das Ohr einen ganz anderen Eindruck, auch dann wenn beide Töne durch einen äufserst kleinen Zeitraum geschieden sind, oder man erst den tieferen und darauf den höheren Ton hört oder umgekehrt.

Bei der Bestimmung des beziehlichen Ganges der Uhren kann man den Fehler, welcher aus einer unvollkommenen

Beobachtung entspringt, nach Willkühr verringern, wenn man den Gang nicht aus zwei einander folgenden, sondern aus weiter abstehenden Beobachtungen berechnet. Beobachtet man z. B. ein erstes und ein elftes Zusammenfallen, so wird ein Fehler in der Bestimmung eines der beiden Augenblicke zehnmal verringert auf die Beobachtung übergehen. Diefs gilt indels allein für die Bestimmung des beziehlichen Ganges a , keineswegs für die von n .

Die erreichbare Genauigkeit hängt jedoch zum großen Theil von der Güte der Uhren ab. Ein erstes Erforderniß ist, daß sie einen gleichförmigen Gang haben, daß der Zeitraum zwischen zwei folgeweisen Schlägen (*tikken*) bis auf einen kleinen Theil einer Sekunde immer gleich sey. Die gewöhnlichen Sekundenuhren (*secondekleppers*) sind bei Untersuchungen, die einigermaßen auf Genauigkeit Anspruch machen sollen, zu verwerfen und man muß zu astronomischen Uhren seine Zuflucht nehmen. Ueberdies müssen die Ticke offenbar gut hörbar gemacht werden, was man bequem bewerkstelligen kann, wenn man die Pendel mit Platinspitzen versieht, die in Quecksilbernäpfchen tauchen, sobald sie in Ruhe sind. Verbindet man dann das Uhrwerk mit dem positiven, das Quecksilbernäpfchen mit dem negativen Pol eines galvanischen Elements und stellt in die so gebildete Kette eine elektromagnetische Uhr, so wird, jedesmal wenn das Pendel seinen tiefsten Stand erreicht, die Glocke einen Ton geben, den man nach Willkühr abändern kann ¹⁾.

Man braucht sonach den Ort der Uhr nicht einmal zu verändern, wenn man nur von ihr ein Paar Metalldrähte nach dem Orte der Beobachtung hinführt.

Wenn man über einen Raum von 330 Ellen verfügen kann, würde man mittelst einer einzigen Uhr die Geschwindigkeit des Schalls bestimmen können. Man verbindet näm-

1) Siehe über dergleichen Einrichtungen bei Uhrwerken: Lamont, Beschreibung der auf der Münchener Sternwarte zu den Beobachtungen verwendeten neuen Instrumente und Apparate, aus den Abhandl. der K. Bayer. Akad. d. Wiss., II. Klasse, VI. Bd., II. Abthl.

lich eine Uhr mit einem galvanischen Apparate, schaltet aber in die Kette zwei elektromagnetische Glocken ein, die so eingerichtet sind, daß, wenn sie dicht neben einander gestellt sind, die Schläge genau zusammenfallen. Wenn man sich mit einer der Glocken entfernt, so werden die Schläge scheinbar auseinander gehen, bis man zu einem Abstand gekommen seyn wird, der genau demjenigen gleich ist, welchen der Schall in der Zwischenzeit zweier aufeinander folgender Ticke der Uhr durchläuft. Entfernt man sich noch weiter, so gehen die Ticke wiederum auseinander, bis man zu dem doppelten Abstand gekommen ist, wo sie wieder zusammenfallen, und so fort.

In dem Maafse wie der Beobachter seinen Abstand vergrößert, wird der Einfluß einer ungenauen Bestimmung des Augenblicks der Coincidenz geringer. Die Genauigkeit, die man durch die beschriebene Methode erreichen kann, ist demnach ganz abhängig von der Entfernung, über welche man verfügen kann. In einer Entfernung von 50 Ellen kann man die Glocken der Sekundenuhren sehr deutlich vernehmen, und wahrscheinlich würde selbst eine größere Entfernung noch sehr gut zu gebrauchen seyn, vor allem, wenn man die Glocke, neben welcher der Beobachter sich befindet, etwas dämpft, z. B. dadurch, daß man einen Finger auf sie hält. Besonders in Minengängen, Wasserleitungen, Gasröhren, u. s. w. würde die beschriebene Methode ohne Zweifel sehr gute Ergebnisse liefern. Der Schall pflanzt sich darin hinreichend ungeschwächt fort, wie unter anderen aus den Versuchen von Biot (*Précis element. de Physique, Paris 1824, I, 347*) hervorgeht, da sich ergab, daß man durch eine 951 Meter lange Wasserleitung das geringste Geräusch vernahm, »de sorte que pour ne pas s'entendre il n'y aurait eu absolument qu'un seul moyen, celui de ne pas parler du tout.«

Es leidet sonach keinen Zweifel, daß man durch eine Wasserleitung oder durch Gasröhren den Schall einer Glocke in einer Entfernung von 2000 Meter sehr deutlich werde hören können. Freilich kann dann der Beobachter

nur mühsam eine solche Strecke durchwandern, allein gleichzeitige Beobachtungen von zwei Personen an den beiden Enden angestellt würden ebenso gut zum Ziele führen, wenn man einmal die beiden Uhren durch ein telegraphisches Signal verglichen hat. Vorausgesetzt, daß man beiden Uhren einen Gangunterschied von $0'',02$ gegeben, würde man das Zusammenfallen bis auf $\frac{1}{30}$ Sekunde beurtheilen können (und bei guten Uhren ist diese Schätzung eher zu gering als zu groß), und ein Fehler von einem Schlage in der Beurtheilung des Zusammenfallens würde einen Fehler von $0'',54$ in der berechneten Schallgeschwindigkeit geben.

Guttapercha-Röhren, welche viel als Sprachrohre angewandt werden, und den Schall in große Fernen fortpflanzen, würden ebenfalls gebraucht werden, und den Einfluß einer Menge von Umständen bestimmen lassen können. So würde man untersuchen können, ob die Wände der Röhren eine Abänderung in der Schallgeschwindigkeit hervorzubringen vermögen, und ob der Betrag dieser Abänderung sich mit der Natur und dem Durchmesser der Röhre verändere. Man könnte die Guttapercha-Röhren mit verschiedenen gasförmigen oder tropfbaren Flüssigkeiten füllen, deren Temperatur und hygrometrischer Zustand genau zu bestimmen wäre, könnte einen Luftstrom von bekannter Geschwindigkeit durch die Röhre leiten, u. s. w.; alle diese Umstände sind gewiß belangreich genug, um eine genaue Untersuchung zu verdienen.

Endlich braucht kaum gesagt zu werden, daß dasselbe Princip, sobald man über eine hinreichende Drahtlänge verfügen kann, ebenso eine Bestimmung der Geschwindigkeit des galvanischen Stroms zuläßt. Man würde diese Bestimmung auf folgende Weise ausführen können.

Man verbinde die beiden Uhren, deren Pendel mit Platinspitzen versehen sind, die bei Ruhe in Quecksilber tauchen, durch einen Leiter und die beiden Quecksilbernäpfe mit den Polen eines galvanischen Elements. Offenbar ist die Kette bloß dann geschlossen, wenn beide Pendel

gleichzeitig in das Quecksilber tauchen. Wenn man nun einen Inductions-Apparat in die Kette bringt, deren Handhaben der Beobachter in die Hände nimmt, so werden die Erschütterungen, die er empfängt, so wie die Augenblicke, in welchen er das Zusammenfallen der Ticke hört, durch einen gleichen Zeitraum geschieden seyn. Durch abwechselndes Einschalten großer Drahtlängen in die verschiedenen Theile der Kette und Fortnehmen derselben wird dieser Zeitraum abgeändert werden und aus der Kenntniß dieser Abänderung, der eingeschalteten Länge und des beziehlichen Ganges kann man wieder auf die gesuchte Geschwindigkeit schließen. Man müßte jedoch wenigstens über einige Meilen Draht verfügen können.

Leyden, October, 1853.

XI. Eisenblau als neuste Bildung in Nassau.

Vor einigen Jahren hatte ich bereits an fossilen Pferde-
zähnen im älteren Diluvium von Mosbach bei Wiesbaden
Ueberzüge von Eisenblau, jedoch nur selten, aufgefunden
(Jahrb. des. nass. Vereins für Naturkunde VI, S. 41), ohne
die Bildungsursache direct nachweisen zu können. Ein
neuer Fund aber, welcher vor einigen Tagen bei Anlage
der Chausée von Wiesbaden nach Langenschwalbach bei
Hahn unweit Wehen gemacht wurde, läßt darüber keinen
Zweifel. Beim Abdecken eines sumpfigen Wiesenbodens,
in dem sich zahlreiche, Raseneisenstein absetzende Gewässer
bewegen, fanden sich Pferdezähne, offenbar der gegen-
wärtigen Schöpfung angehörig, wie aus ihrem bedeuten-
den Gehalte an organische Substanzen, der vollkommenen
Erhaltung des Schmelzes und ihrer oberflächlichen Lagerung
hervorgeht. Alle Zwischenräume der Schmelzfalten
sind mit krystallinischem indigo- und smalteblauem Eisen-

blau ausgefüllt. Als ich einige Höhlungen aufbrach, zeigten sich in dieser 1 bis $1\frac{1}{2}$ lange Krystalle, welche im Moment der Entblösung fast wasserhell und stark glänzend erschienen, allmählig aber matt und smaltblau wurden. Die Entstehung dieser Substanz durch Einwirkung des eisenschüssigen Wiesengewässers auf den phosphorsauren Kalk der Zähne liegt offen vor Augen und ist ein nicht uninteressantes Analogon zu dem von Breithaupt (Paragenesis S. 126) erwähnten Vorkommen des Wavellits unter einem alten Schindanger bei Langenstriegis.

Wiesbaden, 25. Mai 1854.

F. Sandberger.

XII. Erklärung, meine Analyse des Antigorits betreffend.

Zwei Bestimmungen des Wassergehaltes des Antigorits, welche Hr. Stockar-Escher und ich jüngsthin gemeinschaftlich ausführten, überzeugten mich, dass meine Analyse dieses Minerals ¹⁾ mit bedeutenden Fehlern behaftet ist.

Wir erhielten nämlich bei dem einen Versuche 13,30, bei dem anderen 13,26 Proc. Glühverlust, während jene Analyse blofs 3,70 Proc. Wasser angiebt. Diese außerordentliche Differenz macht es gewifs, dass auch die übrigen Bestandtheile des Minerals wenigstens theilweise fehlerhaft bestimmt sind und ich nehme daher keinen Anstand zu erklären, dass das Gesamtergebniss der Analyse ein unrichtiges ist, und wünsche, dass letzterer keine weitere Folge gegeben werde. Ueber die Art und Weise, wie ich zu einem solchen Resultat gelangen konnte, kann ich mir selbst keine Rechenschaft mehr geben, da ich die Analyse schon vor 15 Jahren, noch während meiner Studienzeit, ausführte.

Hr. Stockar-Escher, der gegenwärtig mit einer neuen Analyse des Minerals beschäftigt ist, wird die Resultate derselben seiner Zeit bekannt machen.

Zürich d. 12. Juni 1854.

Ed. Schweizer.

1) Diese Annalen Bd. XLIX. S. 595.

**XIII. Tabelle der Eisbedeckung der Donau bei Galacz
(45° 26' N. Br., 25° 43' O. L. von Paris) in den
Jahren 1836 bis 1853.**

Nachstehende Tabelle erhielt Hr. Prof. Arenstein in Pesth von dem K.-Oesterreich. Consulat in Galacz und wurde von diesem dem Hrn. Haidinger mitgetheilt, der sie in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie, Januar 1854, veröffentlichte. Wegen ihres Interesse besonders im Vergleiche mit ähnlichen Beobachtungen an den nordischen Gewässern (Siehe Ann. Bd. 43, S. 426, Bd. 52, S. 638 und Bd. 66, S. 586) glaubten wir sie den Annalen nicht vorenthalten zu dürfen.

Winter.	Donau zugefroren am	Eisdecke abgegangen am	Dauer der Eisdecke. Tage.
1836 — 37	7 Febr.	28 Febr.	21
1837 — 38	29 Dec.	3 März	36
1838 — 39	24 Dec.	13 März	79
1839 — 40	12 Jan.	2 Febr.	21
1840 — 41	17 Dec.	21 März	94
1841 — 42	26 Jan.	9 März	42
1842 — 43	Den ganzen Winter offen		
1843 — 44	12 Jan.	27 Febr.	46
1844 — 45	28 Dec.	22 Jan.	26
1845 — 46	Den ganzen Winter offen		
1846 — 47	Den ganzen Winter offen		
1847 — 48	im Jan.	im März	
1848 — 49	1 Jan.	22 Febr.	53
1849 — 50	5 Jan.	4 März	48
1850 — 51	3 Febr.	22 Febr.	19
1851 — 52	Den ganzen Winter offen		
1852 — 53	Den ganzen Winter offen		

In 17 Jahren blieb die Donau bei Galacz fünf Mal offen. Der kürzeste Eisstofs stand 19 Tage 1850 — 51. Der längste Eisstofs stand 94 Tage, 1840 — 41. Mittlere Dauer 44 Tage. Die Donaumündungen frieren niemals zu.